

***Yersinia enterocolitica* ja *Yersinia pseudotuberculosis* suomalaisissa elintarvikkeissa -riskiprofiili**



***Yersinia enterocolitica* ja
Yersinia pseudotuberculosis
suomalaisissa elintarvikkeissa
-riskiprofiili**

Esitämme lämpimät kiitokset seuraaville asiantuntijoille:

Johanna Arola
Seppo Autio
Maria Fredriksson-Ahomaa
Marjaana Hakkinen
Saija Hallanvuo
Maija Hatakka
Seppo Heiskanen
Sari Iivonen
Elias Jukola
Juhani Koivumäki
Joanna Kurki
Terhi Laaksonen
Timo Latomäki
Riikka Laukkanen
Sanna Nikunen
Taina Niskanen
Anne Paloranta
Olli Pensala
Anne Piirainen
Ritvaleena Puohiniemi
Marja Saarinen
Raija Sauna-aho
Kirsti Savela
Taina-Riitta Seppälä
Anja Siitonen
Leila Sihvonen
Irmeli Sippola
Anna-Maija Sjöberg
Marjo Särkkä-Tirkkonen
Kyllikki Tuomi
Eeva-Riitta Wirta
Hanna-Maija Väisänen

Kuvailulehti

Julkaisija	Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Julkaisun nimi	<i>Yersinia enterocolitica</i> ja <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> suomalaisissa elintarvikkeissa - riskiprofiili
Tekijät	Anna Pitkälä, Terhi Virtanen, Suvi Joutsen, Anna Leimi, Pirkko Tuominen
Tiivistelmä	<p>Yersinioosi on <i>Yersinia enterocolitica</i>- tai <i>Y. pseudotuberculosis</i> -bakteereiden aiheuttama suolistoinfektio. Sen pääoireet ovat kuume, vatsakivut, ripuli ja oksentelu, jotka kestävät tavallisesti 1-3 viikkoa. Oireet voivat muistuttaa umpilisäkkeen tulehdusta ja johtaa turhaan umpilisäkkeen poistoon. Tauti voi aiheuttaa vuosia kestäviä jälkitauteja.</p> <p>Suomessa raportoidaan vuosittain 500-700 yersiniatartuntaa. <i>Y. enterocolitica</i> aiheuttaa yleensä yksittäisiä infektoita; viimeisten 10 vuoden aikana on todettu yksi epidemia. <i>Y. pseudotuberculosis</i> on aiheuttanut yhdeksän epidemiaa, mikä on kansainvälisestikin poikkeuksellista. Sianlihaa pidetään <i>Y. enterocolitica</i> tärkeimpänä tartunnanlähteenä ihmiselle. <i>Y. pseudotuberculosis</i> -epidemioissa kasvikset, erityisesti porkkanat on todettu epidemioiden lähteeksi.</p> <p>Suomalainen sika toimii <i>Y. enterocolitica</i> varastona. Tähän asti on arveltu, että valtaosa yersiniatapauksista olisi kotimaisia, mutta luultavasti tartuntojen kotimaisuusaste on oletettua alhaisempi.</p> <p>Enteropatogeenisista yersinioista tarvittaisiin lisää tietoa riskinarviointia varten, jotta riskinhallinta voitaisiin kohdentaa oikein. Ensin tarvitaan kuitenkin toimivia analyysimenetelmiä, jotta riskielintarvikkeita ja tartuntateitä voidaan selvittää.</p>
Julkaisuaika	Marraskuu 2009
Asiasanat	<i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> , riskiprofiili, sianliha, porkkana
Julkaisusarjan nimi ja numero	Eviran tutkimuksia 2/2009
Sivuja	73
Kieli	Suomi
Luottamuksellisuus	Julkinen
Julkaisun kustantaja	Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Taitto	Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Virastopalveluyksikkö
ISSN	1796-2981
ISBN	978-952-225-042-1 (pdf)

Beskrivning

Utgivare	Livsmedelssäkerhetsverket Evira
Publikationens titel	<i>Yersinia enterocolitica</i> och <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> - riskprofil
Författare	Anna Pitkälä, Terhi Virtanen, Suvi Joutsen, Anna Leimi, Pirkko Tuominen
Resumé	<p>Yersinios är en bakteriell tarminfektion som orsakas av antingen <i>Yersinia enterocolitica</i> eller <i>Y. pseudotuberculosis</i>. De vanligaste symptomen är magsmärtor, feber, diarré och kräkningar. Symptomen varar i 1-3 veckor, ibland längre. Symptomen kan påminna om blindtarmsinflammation och kan därför leda till onödiga operationer. Yersinios kan också orsaka långvariga komplikationer.</p> <p>I Finland rapporteras årligen 500-700 fall av yersinios. <i>Y. enterocolitica</i> orsakar mestadels enstaka sjukdomsfall; inom det sista årtiondet har man konstaterat endast en epidemi. <i>Y. pseudotuberculosis</i> har däremot inom samma period orsakat nio stora epidemier, vilket är sällsynt även internationellt sett. Fläskkött är troligen den viktigaste smittkällan av <i>Y. enterocolitica</i>. I epidemier orsakade av <i>Y. pseudotuberculosis</i> har ofta grönsaker, speciellt morötter, spridit smittan.</p> <p>Finska grisar utgör en reservoar för <i>Y. enterocolitica</i>, men det har visat sig att smittorna i lägre grad än man har trott är av inhemskt ursprung.</p> <p>En riskvärdering av yersinios i livsmedelskedjan är nödvändig för att kunna kontrollera riskerna. Innan man kan kartlägga risklivsmedel och smittvägar, måste man utveckla effektiva analysmetoder.</p>
Utgivningsdatum	November 2009
Referensord	<i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> , riskprofil, svinkött, morot
Publikationsseriens namn och nummer	Eviras forskningsrapporter 2/2009
Antal sidor	73
Språk	Finska
Konfidentialitet	Offentlig handling
Förläggare	Livsmedelssäkerhetsverket Evira
Layout	Livsmedelssäkerhetsverket Evira, Enheten för ämbetsverkstjänster
ISSN	1797-2981
ISBN	978-952-225-042-1 (pdf)

Description

Publisher	Finnish Food Safety Authority Evira
Title	Risk profile of <i>Yersinia enterocolitica</i> and <i>Yersinia pseudotuberculosis</i>
Authors	Anna Pitkälä, Terhi Virtanen, Suvi Joutsen, Anna Leimi, Pirkko Tuominen
Abstract	<p>Yersiniosis is an intestinal infection caused by either <i>Yersinia enterocolitica</i> or <i>Y. pseudotuberculosis</i>. The main symptoms are abdominal pain, fever, diarrhoea and vomiting which last from one to three weeks, sometimes even longer. Symptoms can resemble appendicitis and lead to an unnecessary operation. Yersiniosis can also cause long-lasting sequelae.</p> <p>In Finland, 500-700 cases of yersiniosis are reported annually. Infections caused by <i>Y. enterocolitica</i> are mostly sporadic. Only one epidemic has been reported during the last ten years, whereas <i>Y. pseudotuberculosis</i> has caused nine epidemics during the same time, which is exceptional even internationally. Pork is probably the most important vehicle of <i>Y. enterocolitica</i>. Epidemics caused by <i>Y. pseudotuberculosis</i> have been linked to vegetables, especially carrots.</p> <p>Finnish pigs form a reservoir of <i>Y. enterocolitica</i>, but it seems contrary to what has been taught previously, that yersiniosis is not always domestic.</p> <p>A risk assessment of enteropathogenic yersinia in the food chain is necessary in order to focus risk management measures. Before foods at risk or routes of transmission can be determined, efficient analysis methods should be developed.</p>
Publication date	November 2009
Keywords	<i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> , risk profile, pork, carrot
Name and number of publication	Evira Research Reports 2/2009
Pages	73
Language	Finnish
Confidentiality	Public
Publisher	Finnish Food Safety Authority Evira
Layout	Finnish Food Safety Authority Evira, In-house Services
ISSN	1797-2981
ISBN	978-952-225-042-1 (pdf)

Sisällys

Yhteenveto	8
Sammanfattning	10
Summary	11
1 Johdanto	12
2 Yersinian ominaisuudet ja sen esiintyminen elintarviketuotannossa	14
2.1 Yersiniat	14
2.2 Yersinian taudinaiheuttamiskyky	14
2.3 Analyysimenetelmät	15
2.3.1 Viljelymenetelmät	15
2.3.2 Molekyylibiologiset menetelmät	16
2.4 Indikaattorit	16
2.5 Yersinialähteet	17
2.5.1 Esiintyvyys eläimissä	17
2.5.2 Esiintyvyys vedessä ja ympäristössä	20
2.5.3 Esiintyvyys elintarvikkeissa	20
2.5.3.1 Liha	23
2.5.3.2 Kala	23
2.5.3.3 Maito ja maitopohjaiset tuotteet	23
2.5.3.4 Kasvikset ja hedelmät	24
2.6 Yersinian pitoisuus elintarvikkeissa	24
2.7 Yersinian kasvuun vaikuttavia tekijöitä	25
3 Yersinia taudinaiheuttajana	27
3.1 Tautitapausten esiintymiseen vaikuttavia eroja	27
3.2 Patogeneesi ja virulenssi	28
3.3 Taudinkuva	28
3.4 Jälkitaudit	29
3.5 Kuolleisuus	29
3.6 Herkkyys mikrobilääkkeille	29
3.7 Annos-vaste	30
4 Elintarvikevälikkeiden tapausten epidemiologia	31
4.1 Tapaukset Suomessa	31
4.2 Tapaukset muualla maailmassa	34

5 Elintarvikeketjun altistuminen enteropatogeenisille yersinioille	37
5.1 Sianliha.....	37
5.1.1 Alkutuotanto.....	37
5.1.2 Eläinten kuljetus, vastaanotto ja teurastus.....	38
5.1.3 Lihantarkastus	40
5.1.4 Ruhon loppupuhdistus	40
5.1.5 Jäähdytys ja leikkaus	40
5.2 Kasvikset	40
5.2.1 Alkutuotanto.....	41
5.2.2 Sadonkorjuu ja varastointi	42
5.2.3 Kasvisten prosessointi.....	43
5.2.4 Kuljetus ja kauppa.....	43
5.3 Maito	44
6 Kuluttajan käyttäytyminen	45
7 Yersinian aiheuttamien ruokamyrkytysten taloudelliset vaikutukset.....	47
8 Riskinhallintatoimenpiteet.....	48
8.1 Lainsäädännön edellyttämät riskinhallintatoimenpiteet	48
8.2 Muut riskinhallintakeinot	50
9 Johtopäätökset	53
10 Viitteet	55
11 Lainsäädäntö	72

Yhteenveto

Yersinioosi on *Yersinia enterocolitica*- tai *Y. pseudotuberculosis* -bakteereiden aiheuttama suolistoinfektio. Sen pääasialliset oireet ovat kuume, vatsakivut, ripuli ja oksentelu, jotka kestävät tavallisesti 1-3 viikkoa. Oireet voivat muistuttaa umpilisäkkeen tulehdusta ja johtaa tarpeettomaan umpilisäkkeen poistoon. Tauti voi aiheuttaa myös pitkään kestäviä jälkitauteja.

Suomessa raportoidaan vuosittain 500-700 yersiniatartuntaa. *Y. enterocolitica* aiheuttamat infektiot ovat yleensä yksittäisiä; viimeisten 10 vuoden aikana on todettu yksi epidemia. *Y. pseudotuberculosis* on aiheuttanut yhdeksän epidemiaa, mikä on kansainvälisestikin poikkeuksellista. Sianlihaa pidetään *Y. enterocolitica* tärkeimpänä tartunnanlähteenä ihmiselle. *Y. pseudotuberculosis* -epidemioissa kasvukset, erityisesti porkkanat on todettu epidemioiden lähteeksi.

Suomalainen sika toimii *Y. enterocolitica* varastona. Tähän asti on arveltu, että valtaosa yersiniatapauksista olisi kotimaista alkuperää, mutta luultavasti tartuntojen kotimaisuusaste on oletettua alhaisempi.

Enteropatogeenisista yersinioista tarvittaisiin riskinarviointi, jotta riskinhallinta voitaisiin kohdentaa oikein. Ennen kuin riskiä voidaan arvioida edes karkealla tasolla, tarvitaan lisää tietoa yersinioiden virulenssista, esiintyvyydestä ja pitoisuudesta eri elintarvikkeissa, ristisaastumisesta teurastamossa,

leikkaamolla, kasvisten käsittelylaitoksissa ja keittiössä sekä annosvasteesta. Enteropatogeenisten yersinioiden esiintyvyyden selvittämiseksi tarvitaan riittävän herkkiä analyysimenetelmiä, jotka osoittavat niiden kaikki elävät patogeeniset serotyypit pieninäkin pitoisuuksina.

Suomessa on tutkittu peräsuolen pussittamisen vaikutusta yersinioiden esiintymiseen ruuhossa. Tuloksia ei ole vielä julkaistu. Muista maista on kuitenkin tutkimustietoa, että pussitusmenetelmä perinteisen teurastuksen yhteydessä vähentää ruhon yersinia-kontaminaatiota. Myös automaattisen teurastustekniikan mahdollinen vaikutus ruhon yersiniakontaminaatioon tulee selvittää.

Koska *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* -ekologia sikatilalla on erilainen ja niiden torjunta tilatasolla saattaa vaatia erilaisia toimenpiteitä, tarvitaan kattavaa tietoa käytännön riskinhallintatoimenpiteiden vaikutuksesta esiintyvyyden alenemiseen.

Y. pseudotuberculosis -ekologiaa kasviksissa ei vielä tunneta kovin hyvin. Lisätietoa tarvitaan mm. siitä, miten yersinian internalisaatio tapahtuu todellisissa kasvuolosuhteissa eri kasviksilla, mitkä seikat vaikuttavat mikrobin kulkeutumiseen syötäviin kasvinosiin, miten pitkään mikrobit säilyvät elinkykyisinä kasvin sisäosissa ja mikä merkitys sadonkorjuun ajankohdalla ja varastointiolosuhteilla on.

Ilmastonmuutokseen liittyvät asiat, esimerkiksi energian säästö, tulevat vaikuttamaan myös elintarvikkeiden valmistusprosessiin. Tarvitaan tietoa, lisäävätkö ympäristöystävälliset prosessointitavat ja säilytysaikaa pidentävä teknologia yersinialle suotuisia lisääntymisolosuhteita.

Liha- ja maitotuotteiden osalta yersiniä voidaan ehkäistä kuumennuskäsittelyil-

lä. Sen sijaan kypsentämättä tarjoiltavien kasvien riskinhallintakeinot ovat rajalliset. Työn edetessä kävi ilmi, että erityisesti kasvien tuotantoketjuun, mukaan lukien luomutuotanto, tarvittaisiin tutkimusta, joka mahdollistaisi riskinarvioinnin tekemisen tuotantotapojen vaikutuksesta tuotteen turvallisuuteen.

Sammanfattning

Yersinios är en bakteriell tarminfektion som orsakas av antingen *Yersinia enterocolitica* eller *Y. pseudotuberculosis*. De vanligaste symptomen är magsmärtor, feber, diarré och kräkningar. Symptomen varar i 1-3 veckor, ibland längre. Symptomen kan påminna om blindtarmsinflammation och kan därför leda till onödiga operationer. Yersinios kan också orsaka långvariga komplikationer.

I Finland rapporteras årligen 500-700 fall av yersinios. *Y. enterocolitica* orsakar mestadels enstaka sjukdomsfall; inom det sista årtiondet har man konstaterat endast en epidemi. *Y. pseudotuberculosis* har däremot inom samma period orsakat nio stora epidemier, vilket är sällsynt även internationellt sett. Fläskkött är troligen den viktigaste smittkällan av *Y. enterocolitica*. I epidemier orsakade av *Y. pseudotuberculosis* har ofta grönsaker, speciellt morötter, spridit smittan.

Finska grisar utgör en reservoar för *Y. enterocolitica*, men det har visat sig att smittorna i lägre grad än man har trott är av inhemskt ursprung.

En riskvärdering av yersinios i livsmedelskedjan är nödvändig för att kunna kontrollera riskerna. För en riktig riskvärdering behövs mera uppgifter om virulensen i yersinia, om förekomsten och om halterna i olika livsmedel, om spridning inom slakterier, styckningsanläggningar, växthanteringsanläggningar och kök, samt om infektionsdoser. För att kunna kartlägga förekomsten av enteropatogena yersinia, behöver man effektiva analysmetoder som visar alla pa-

togena serotyper, även i låga halter.

I Finland har man undersökt om ändtarmsförslutning påverkar förekomsten av enteropatogen yersinia på slaktkroppen. Dessa resultat har ännu inte publicerats. Från andra länder finns det studier som påvisar att ändtarmsförslutning i den traditionella slaktprocessen minskar yersiniakontamination. Vilken effekt den automatiska slaktprocessen har på yersiniakontamination, bör ännu kartläggas.

Eftersom *Y. enterocolitica* och *Y. pseudotuberculosis* har olika ekologiska nischer i grisbesättningarna, kan även deras bekämpning kräva olika åtgärder. Man behöver därför omfattande kunskaper om vilka kontrollåtgärder som påverkar förekomsten i praktiken.

Klimatförändringen, till exempel energibesparing, kommer att ha inverkan också på livsmedelsprocesserna. Man behöver kunskap om miljövänliga processer och teknologier som förlänger hållbarhetstiden möjliggör gynnsamma omständigheter för yersinia.

I kött- och mjölkprodukter kan förekomsten av yersinia kontrolleras med värmebehandling. Däremot har man få riskhanteringsåtgärder för grönsaker som förtärs råa. Speciellt grönsaksproduktionen, inklusive ekologisk produktion, behöver satsning på sådan forskning som möjliggör riskvärderingen, hur produktionstekniken påverkar slutprodukten säkerhet.

Summary

Yersiniosis is an intestinal infection caused by either *Yersinia enterocolitica* or *Y. pseudotuberculosis*. The main symptoms are abdominal pain, fever, diarrhoea and vomiting, which last from one to three weeks, sometimes even longer. Symptoms can resemble appendicitis and lead to an unnecessary operation. Yersiniosis can also cause long-lasting sequelae.

In Finland, 500-700 cases of yersiniosis are reported annually. Infections caused by *Y. enterocolitica* are mostly sporadic. Only one epidemic has been reported during the last ten years, whereas *Y. pseudotuberculosis* has caused nine epidemics during the same time, which is exceptional even internationally. Pork is probably the most important vehicle of *Y. enterocolitica*. Epidemics caused by *Y. pseudotuberculosis* have been linked to vegetables, especially carrots.

Finnish pigs form a reservoir of *Y. enterocolitica* but it seems, contrary to what has been taught previously, that yersiniosis is not always domestic.

A risk assessment of enteropathogenic yersinia in the food chain is necessary in order to focus risk management measures. However, there is insufficient knowledge regarding the pathogenicity of yersinia, the presence and amount of pathogenic strains in different foods, and the infectious dose.

Before foods at risk or routes of transmission can be determined, efficient analysis methods should be developed.

The effects of a technique in which the rectum is sealed off to yersinia contamination on carcasses have been studied in Finland, but the results have not yet been published. In studies made in other countries, it has been shown that the *bung bagging* technique reduced yersinia contamination in the traditional slaughter process. What effect it has on the automated slaughter process should be investigated.

Because the ecology of *Y. enterocolitica* and *Y. pseudotuberculosis* differs on pig farms, preventive interventions can also differ. Information about practical control measures is needed.

Climate change, e.g. energy savings, will exert influence on food processing. Knowledge as to whether or not environmental-friendly and shelf-life extending techniques will produce a favourable environment to yersinia is required.

In meat and milk products, yersinia can be destroyed by heating. With vegetables eaten raw, it is difficult to ensure their safety for consumers. It is obvious that research-based risk assessment of the vegetable production chain is needed.

1 Johdanto

Riskiprofiili on päätöksenteon apuväline, jossa kuvataan määritellyn vaaraan liittyvä elintarviketurvallisuuden taso ja vaaran olemassa olevat riskinhallintakeinot. Riskinhallitsija (lainsäätävä, valvontaviranomainen, toimija) voi käyttää riskiprofiilia apukeinona pohtiessaan toimenpiteitä elintarviketurvallisuuksien hallitsemiseksi. Profiilin perusteella voidaan myös päättää lisätutkimustarpeista, riskinarvioinnin tarpeellisuudesta tai todeta, että toimenpiteitä ei tarvita (CAC 2007, FAO, WHO 2006).

Tässä riskiprofiilissa käsitellään *Yersinia enterocolitica* - ja *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteereita Suomessa myynnissä olevissa elintarvikkeissa ja niiden tuotannossa. Riskiprofiilin tarkoitus on esittää elintarvikkeissa esiintyviin *Y. enterocolitica* - ja *Y. pseudotuberculosis* -bakteereihin liittyvät tosiasiat, jotta ymmärretään ne ongelmat, joita nämä bakteerit aiheuttavat elintarvikkeisiin, kuvata nykyiset toimenpiteet, joilla riskejä hallitaan, esittää millä toimenpiteillä näiden mikrobien leviämistä voitaisiin estää sekä selvittää, mistä asioista tarvitaan lisätietoa varsinaista riskinarviointia varten.

Yersiniat ovat kampylobakteerien ja salmonellan jälkeen kolmanneksi yleisimmin raportoituja ihmisten suolistotulehduksia aiheuttavia bakteereja sekä Suomessa (Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) tartuntatautirekisteri) että Euroopan Unionin alueella (EFSA 2007a). Ne voivat aiheuttaa yksittäisiä tautitapauksia tai laajoja, pitkä-

kestoisia epidemioita, joissa voi olla vakavia jälkitauteja. Zoonosidirektiivin (2003/99/EY) mukaan yersiniat kuuluvat niihin zoonosien aiheuttajiin, joita on seurattava epidemiologisen tilanteen mukaan. Suomessa rekisteröidään vuosittain 500-700 yersiniatartuntaa, joista valtaosan on tähän asti arveltu olevan kotimaista alkuperää (MMM 2004). Yersiniatartuntojen todellista esiintyvyyttä ei kuitenkaan tiedetä. Tartuntatautirekisteriin päätyy vain pieni osa sairastuneista. Tähän on useita syitä. Yersiniainfektion oireet voivat olla vähäiset tai epätyypilliset ilman ripulioireita, osa sairastuneista ei hakeudu lainkaan lääkäriin, taudin kliininen diagnosointi voi olla hankala, näytteet otetaan vain osasta hoitoon hakeutuneista, eikä kaikista näytteistä saada eristetyksi taudinaiheuttajaa. Toisaalta tartuntatautirekisteriin kirjautuu *Y. enterocolitica* osalta myös sellaisia yersinialöydöksiä, joiden kliinisestä merkityksestä ei ole varmuutta (Sihvonen ym. 2009a).

Y. pseudotuberculosis kuvattiin humaanipatogeenina ensimmäisen kerran 1884, *Y. enterocolitica* 1939. Yersinia -suolistoinfektiot ovat yleistyneet 1970-luvulta lähtien. Tähän on vaikuttanut toisaalta kylmätekniikan kehittyminen ja siitä seurannut elintarvikkeiden säilytysaikojen pidentyminen, toisaalta elintarviketuotannon ja kulutustottumusten muutokset. Kun porkkana raastettiin aiemmin aterialle kotona ja nautittiin miltei heti vieläpä kostutettuna sitruunamehulla, jonka on todettu estävän yersinian kas-

vua (Sengun ja Karapinar 2005), se nykyään otetaan lautaselle ruokalan salaattipöydästä, minne se on tullut muualta valmiiksi raastettuna. Prosessoinnin keskittyminen isompiin yksiköihin, tuotteiden pidentynyt elinkaari ja laajat jakelualueet mahdollistavat kylmäketjussa säilyvien ja lähellä 0 °C-astetta lisääntyvien patogeenisten yersinioiden leviämisen elintarvikeketjun mukana, kuten suomalaisissa viime vuosien epidemioissa on havaittu. Kuluttajille yersinioosi onkin ehkä tullut tutuksi uutisten kautta; ot-sikoihin ovat päässeet niin porkkanat kuin turhat umpilisäkkeen poistot. Porkkanoiden välityksellä levinneet tartunnat ovat johtaneet Suomessa myös oikeustoimiin.

Enteropatogeenisten yersinioiden epidemiologiaa ei tunneta vielä täysin. Suomessa on meneillään useita tutkimushankkeita, joissa selvitetään mm. yersinioiden analyysimenetelmiä, molekyyli-epidemiologiaa, virulenssia, antimikrobiresistenssiä, torjuntaa teurastamolla, tartuntareittejä ja piennisäkkäiden epidemiologista merkitystä. Tapaus-verrokki-tutkimuksissa elintarvikeperäisen yersinioosin lähteeksi on yhdistetty sianliha, kasvikset, ruokasalaatti, maito ja vesi (Ackers ym. 2000, Grahek-Odgen ym. 2007, Nuorti ym. 2004, Sakai ym. 2005). Sianlihaa ja siitä valmistettuja tuotteita pidetään tärkeimpänä *Y. enterocolitica* 4/O:3:n tartuntalähteenä Suomessa (Fred-

riksson-Ahomaa ym. 2006). Suomesta on raportoitu useita kasvisvälitteisiä *Y. pseudotuberculosis* -epidemioita (Jalava ym. 2006, Nuorti ym. 2004, Rimhanen-Finne ym. 2009). Erityisesti vihreät lehtivihannekset ja porkkana on FAO/WHO:n (2008) ja Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen EFSA:n (2006) raporteissa todettu yersinian suhteen riskialttiiksi elintarvikkeeksi. Elintarvikeryhmät liha, kasvikset ja maito on valittu tämän raportin tarkastelun kohteeksi.

Riskiprofiili on tehty maa- ja metsätalousministeriön elintarvike- ja terveysosaston tilauksesta. Suomen zoonosistrategiasa 2004-2008 (MMM 2004) todettiin, että eräiden tuotantoeläimissä ja elintarvikkeissa esiintyvien zoonosien, kuten yersinioosi, torjuntatyö on riittämätöntä, ja toimenpidesuunnitelmassa nostettiin yersinoihin kohdistuva seuranta ja tutkimus yhdeksi painopistealueeksi. Riskiprofiili perustuu tieteelliseen kirjallisuuteen, kansainvälisiin ja kotimaisiin tilastoihin sekä kotimaisten asiantuntijoiden käsityksiin. *Yersinia* -riskiprofiileja, jotka keskittyvät *Y. enterocolitica* -bakteerin aiheuttamiin riskeihin lähinnä sianlihassa, on julkaistu Uudesta Seelannista, Norjasta ja Ruotsista (Lake ym. 2004, Anon.1 2004, Thisted Lambert 2007a). Myös EFSA on antanut lausunnon enteropatoogeenisista yersinioista (EFSA 2007a).

2 Yersinian ominaisuudet ja sen esiintyminen elintarviketuotannossa

2.1 Yersiniat

Yersiniat ovat *Enterobacteriaceae* -heimoon kuuluvia gramnegatiivisia, oksidaasinegatiivisia, sauvamaisia tai kokkoideja fakultatiivisesti anaerobisia psykrotrofisia bakteereja. Yersiniat eivät muodosta kapselia eivätkä itiöitä, ja ne ovat liikkumattomia 35-37 C-asteessa, mutta useimmat liikkuvat 22-25 C-asteessa. Tällä hetkellä tunnetaan 14 sukuun kuuluvaa lajia, joista *Y. pestis*, *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* voivat aiheuttaa sairauden ihmiselle. *Y. pestis*ä, ruton (paiserutto, musta surma, keuhkorutto) aiheuttajaa, ei esiinny EU:n alueella eikä rutto ole elintarvikkevälikiteinen tauti, joten sitä ei käsitellä tässä raportissa. *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* ovat suolistopatogeeneja, jotka voivat levitä elintarvikkeiden välityksellä. Niiden aiheuttamia infektioita kutsutaan yleisnimeillä yersinioosi.

2.2 Yersinian taudinaiheuttamiskyky

Y. enterocolitica jaetaan kuuteen biotyyppiin (1A, 1B, 2-5). *Y. enterocolitica* ja sen lähisukulaisilla ("*Y. enterocolitica* -like") on yhteensä yli 70 serotyyppiä. Näistä vain osa on patogeenisia (Bottone 1997). Patogeenisuuden perusteella *Y. enterocolitica* voidaan jakaa kolmeen luokkaan. Biotyyppi 1B on korkeapatogeeninen ja biotyypit 2-5 patogeenisia. Biotyyppi 1A on luokiteltu ei-patogeeniseksi (EFSA 2007a). Sitä on kuitenkin

eristetty suolistotulehduspotilailta, ja on mahdollista, että osa biotyypin 1A kannoista onkin patogeenisia (Burnens ym.1996, Tennant ym. 2003). *Y. enterocolitica* -kantojen heterogeenisuuden takia on esitetty lajin jakoa kahteen alalajiin, *Y. enterocolitica ssp. enterocolitica* ja *Y. enterocolitica ssp. palearctica* – tai jopa kolmanteen, toistaiseksi nimeämättömään alalajiin (Neubauer ym. 2000, Howard ym. 2006).

Y. enterocolitica -kannan sairaudenaiheuttamiskykyä ei voi päätellä serotyypin perusteella, sillä useita serotyyppijä esiintyy sekä patogeenisia biotyyppejä edustavissa kannoissa että ei-patogeenisen biotyypin 1A:n kannoissa. Useimmat kannat, jotka aiheuttavat taudin ihmisellä, kuuluvat bio/serotyyppisiin 1B/0:8, 2/0:5,27, 2/0:9, 3/0:3 ja 4/0:3. Kaikissa julkaisuissa ei biotyyppiä ole ilmoitettu, jolloin jäljempänä tekstissä mainitaan vain serotyyppi. Bio/serotyyppien esiintyminen on alueellista (Bottone 1999). Euroopassa yleisimpiä ihmisen infektioista eristettyjä ovat biotyyppi 4 (serotyyppi 0:3) ja biotyyppi 2 (serotyyppi 0:9). Yhdysvalloissa biotyyppi 1B oli aiemmin yleisin (Howard et al. 2006, EFSA 2007a), mutta nykyään sielläkin tyyppi 4/0:3 on vallitseva (Bissett ym. 1990). Potilasnäytteistä eristetyistä *Yersinia* -kannoista on Suomessa 64 % ja Englannissa 53 % ollut biotyyppiä 1A (Sihvonen ym. 2009a, McNally ym. 2004). Patogeenisten *Y. enterocolitica* -eristysten yleisin bio/serotyyppi Suomessa oli 4/0:3 (Sihvonen ym. 2009a).

Y. pseudotuberculosis jaetaan O-antigeenin perusteella serologisesti 15 ryhmään, joista serotyypit O:1 ja O:2 jaetaan alatyyppeihin a, b ja c; sekä serotyypit O:4 ja O:5 alatyyppeihin a ja b (Bogdanovich ym. 2003). Yleensä *Y. pseudotuberculosis* kaikkia serotyyppejä pidetään patogeenisina, mutta on mahdollista, että myös ei-patogeenisia kantoja esiintyy (Fukushima ym. 2001, Nagano ym. 1997). Virulenssitekijöiden perusteella *Y. pseudotuberculosis* voidaan jakaa kuuteen ryhmään (Fukushima ym. 2001). Ihmisten infektioiden yleisimmät serotyypit ovat O:1 ja O:3. Suomessa epidemioiden yhteydessä eristetyt kannat ovat olleet vuosina 1997-2001 serotyyppiä O:3, vuosina 2001-2008 serotyyppiä O:1 (Rimhanen-Finne ym. 2009).

Suolistotulehduspotilailta on eristetty myös ei-patogeenisina pidettyjä *Y. enterocolitica* 1A -kantoja. On mahdollista, että näillä kannoilla on vielä tuntemattomia virulenssitekijöitä (Tennant ym. 2003).

2.3 Analyysimenetelmät

Yersinioiden osoittamiseen kliinisistä, elintarvike-, vesi- tai ympäristönäytteistä ei ole optimaalista viljelymenetelmää, joka olisi riittävän sensitiivinen, osoittaisi kaikki patogeeniset serotyypit tai erottelisi patogeeniset kannat ei-patogeenisista (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2003, Laukkanen ym. 2008b). Myös kvantitatiivinen osoittamismenetelmä puuttuu (Hudson ym. 2008). Todennäköisesti yersiniaoireiden epämääräisyys, nykyisten viljelymenetelmien puutteellisuus ja se, että yersiniatutkimus ei välttämättä sisälly suolistotulehdukseen sairastavien potilaiden näytteistä tehtäviin tutkimuksiin, on johtanut enteropatogeenisten yersinioiden alidiagnosointiin (Nesbakken ym. 1991, EFSA 2007a); toisaalta eristettyjen yersiniakantojen tyyppitysongelmat tai tyyppittämättä jättäminen on saattanut johtaa yliidiagnosointiin (EFSA 2007a, Hallanvuo ym. 2006, Sihvonen ym. 2009a).

2.3.1 Viljelymenetelmät

Viljelymenetelmät perustuvat rikastuksen ja selektiivisten agareiden käyttöön. Rikastusvaiheessa voidaan käyttää kylmärikastusta. Kylmärikastus suosii paitsi *Y. enterocolitica* patogeenisten serotyyppien ja *Y. pseudotuberculosis*en, myös *Y. enterocolitica* biotyyppi 1A:n rikastumista (Laukkanen ym. 2009a, Laukkanen ym. 2008). *Y. enterocolitica*n kvalitatiiviseen osoittamiseen on standardimenetelmiä (ISO, NMKL), mutta menetelmät eivät sovellu kaikille näytematriiseille eivätkä kaikkien serotyyppien osoittamiseen. Menetelmien sensitiivisyys on alhainen varsinkin silloin, kun näytteessä on vain vähän patogeenisia yersinioita ja taustamikrobiston pitoisuus on korkea (Fredriksson-Ahomaa ym. 2008). ISO-menetelmällä *Y. enterocolitica* 4/0:3 voitiin osoittaa lihassa vasta, kun sen pitoisuus oli $>10^4$ pmy/g (Fredriksson-Ahomaa ym. 2008).

Euroopassa *Y. enterocolitica* yleisin viljelyyn perustuva eristysmenetelmä on ISO 10273:2003 (Fredriksson-Ahomaa ym. 2008). Se perustuu kahden rinnakkaisen rikastusliemen käyttöön (irgasaani-tikarsiliini-kaliumkloriatti- eli ITC-liemi, fosfaatti-sorbitoli-sappisuola- eli PSB-liemi) ja selektiivisiin agareihin (kefzulodiini-novobiosiini-irgasaani-agar eli CIN, Salmonella-Shigella-agar, jossa on deoksikolaattia ja kalsiumkloridia eli SSDC); varmennus tehdään biokemiallisesti ja serotyyppitys anti-seerumeilla. Yersiniat kestävät emäksisiä olosuhteita paremmin kuin muut gramnegatiiviset bakteerit, joten rikastusliemi käsitellään taustamikrobiston vähentämiseksi myös KOH:lla. Koska elintarvikkeissa esiintyy ei-patogeenisia *Yersinia* -lajeja, on tärkeää tutkia, kuuluvatko eristetyt kannat patogeenisiin vai ei-patogeenisina pidettyihin bio/serotyyppeihin. Epidemiologisten selvitysten tekemiseksi ovat tarkemmat tutkimukset, kuten virulenssitekijöiden osoittaminen ja kannan genotyyppitys, tarpeen.

Y. pseudotuberculosis voidaan osoittaa kvalitatiivisesti käyttäen rikastusta (fosfaatti-mannitoli-peptoni- eli FMP-liemi, peptoni-mannitoli-sappisuola- eli PMB-liemi), rikastusliemen KOH-käsittelyä ja selektiivistä agaria (CIN) (Niskanen ym. 2002, Rimhanen-Finne ym. 2009); varmennus tehdään biokemiallisesti (BAM 2007). Kylmärikastus on todettu parhaaksi rikastusmenetelmäksi (Martínez ym. 2009, Niskanen ym. 2002). Koska elintarvikkeista ja ympäristöstä on eristetty myös biokemiallisesti *Y. pseudotuberculosis* kaltaisia ei-patogeenisia kantoja, tulisi tutkia, onko biokemiallisesti varmistetuilla mutta serotyyppittymättömillä kannoilla virulenssitekijöitä (Niskanen ym. 2009).

Y. enterocolitica ja *Y. pseudotuberculosis* viljelymenetelmät ovat hitaita ja työläitä, ja tyyppillisten pesäkkeiden tunnistaminen voi olla hankalaa. ISO-standardin uudistamistyö on käynnissä, ja analytiikkaa kehitetään myös muilla tahoilla (Weagant 2007).

Suomessa kliinisen mikrobiologian laboratorioissa viljellään äkillistä vatsatautia sairastavien potilaiden ulostenäytteet aina myös yersinian varalta. Käytetyt viljelymenetelmät vaihtelevat. Käytössä on sekä suora viljely selektiivialustalle (CIN) että kylmärikastus ja CIN-malja (Sihvonen ym. 2009a). Jälkitautien ilmaantuessa ulosteviljelyn tulos on yleensä negatiivinen, ja diagnoosi perustuu tällöin serologisiin testeihin.

2.3.2 Molekyylibiologiset menetelmät

Molekyylibiologisia, etenkin PRC -menetelmiä (polymeraasiketjureaktio, polymerase chain reaction) on kehitetty patogeenisten yersinioiden osoittamiseen ja tunnistamiseen (Hallanvuori 2009, Thisted Lambertz 2007b). Patogeenisten yersinioiden pitoisuuden suoraan osoittamiseen ei vielä ole toimivaa menetelmää. PCR-menetelmät perustuvat kromosomissa (*ail*, *inv*, *yst*) ja/tai plasmidissa (*virF*, *yadA*) sijaitsevien virulenssitekijöiden osoittamiseen. Kantojen

genotyyppityksessä käytetään mm. PFGE- (pulsikenttägeelelektroforeesi, pulsed-field gel electrophoresis), MLVA- (toistuvien DNA-jaksojen analyysi, multiple-locus variable number tandem repeat analysis) ja erilaisia PCR-menetelmiä.

PCR-osoitusmenetelmät lisäävät positiivisten löydösten määrää viljelytuloksiin verrattuna. Sveitsissä sikojen tonsillanäytteistä 88 % oli positiivisia PCR-menetelmällä, viljellen 34 % (Fredriksson-Ahomaa ym. 2007). USA:ssa sikojen ulostenäytteistä 12,4-13,1 % oli positiivisia PCR-menetelmällä, viljellen 4,1-6,4 %. Tiloista 46,7-50,0 % todettiin PCR-tekniikalla positiivisiksi, mutta viljellen vain 22,1-36,2 %:ssa todettiin patogeeninen *Y. enterocolitica* (Bhaduri ym. 2005, Wesley ym. 2008). Viljelymenetelmällä saadaan esiin elävät mikrobit. PCR-pohjaisten osoittamismenetelmien haittapuoli on, että ne eivät erota elävästä ja kuolleesta solusta peräisin olevaa DNA:tä; käytännössä menetelmiin liittyvä rikastusvaihe poistaa tämän ongelman. Tosin patogeenisten yersinioiden suhteen positiivinen PCR-tulos, johtui se siten elinkykyisestä tai kuolleesta mikrobita, indikoi tapahtunutta yersiniakontaminaatiota (Thisted Lambertz 2007a).

Molekyylibiologisia menetelmiä voidaan hyödyntää sekä seurantatutkimuksissa että elintarvikevälikkeiden tartuntojen selvittämisessä, mutta epidemiologisiin selvityksiin tarvitaan myös bakteeriviljely. Vain harvat elintarvike- ja ympäristöalan laboratoriot Suomessa tutkivat enteropatogeenisia yersinioita viljelymenetelmällä, ja vielä harvemmilla on käytössä molekyylibiologisia menetelmiä.

2.4 Indikaattorit

Mikrobikriteeriasetuksen (2073/2005) mukaan teurastamoissa seurataan sian ja naudan teurastuksen prosessihygieniaa määrittämällä ruhosta aerobisten mikro-organismien pesäkeluku ja enterobaktee-

rit. Näiden pitoisuudella ei todettu olevan merkitsevää yhteyttä ($p > 0.05$) todennäköisyyteen, että sianruho olisi kontaminoitunut patogeenisella *Y. enterocolitica* (Lindblad ym. 2007). Sen sijaan sianruhon *E. coli* -pitoisuuden ja patogeenisen *Y. enterocolitica* esiintymisen välillä todettiin merkitsevä yhteys ($p < 0.001$) (Lindblad ym. 2007). Koska teurastuksen yhteydessä tapahtuvan *Yersinia* - ja *E. coli* -kontaminaation alkupe-
rä on enemmän nielu kuin uloste (Fredriksson-Ahomaa ym. 2009, Gill ja Jones 1997, Nesbakken ym. 2006), voisi *E. coli* -seuranta olla taloudellinen sikateurastuksen yersiniakontaminaation indikaattori silloin, kun PCR-tekniikkaan perustuva seulonta ei ole mahdollista (Lindblad ym. 2007). Broilerinäytteiden suhteen ei vastaavaa korrelaatiota *Y. enterocolitica* ja *E. coli* esiintymisen välillä kuitenkaan todettu (Lindblad ym. 2006). Naudan ruhojen *Y. enterocolitica* -pitoisuus voi olla hyvin alhainen (Lindblad 2008), eikä vastaavaa korrelaatiotietoa ole käytettävissä.

2.5 Yersinialähteet

Useimmat tutkimukset, joissa on selvitetty enteropatoogeenisten yersinioiden esiintyvyyttä, perustuvat perinteisiin viljelymenetelmiin, jotka eivät ole optimaalisia osoittamaan kaikkia patogeeneja yersinialajeja tai erottamaan patogeeneja lajeja ei-patogeenisista (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2003, Bhaduri ym. 2005). Monissa tutkimuksissa elintarvikkeista on eristetty ei-patogeenisia *Y. enterocolitica* -kantoja, mutta ei lainkaan tai vain satunnaisesti patogeeneja kantoja. Koska patogeenisten yersinioiden osoittamiseen käytetään yleensä rikastusmenetelmiä, ei niiden pitoisuutta elintarvikkeissa tunneta. Lisäksi yersiniat kasvavat hitaasti, eivätkä ne välttämättä ole hyviä kilpailijoita elintarvike- tai ympäristönäytteen muun mikrobiston kanssa. Kun tutkimuksissa on käytetty PCR-pohjaisia menetelmiä, on päädytty korkeampiin arvioihin yersinioiden todellisesta esiintyvyydestä

elintarvike- ja ympäristönäytteissä kuin käytettäessä viljelymenetelmiä (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2003, Thisted Lambert ym. 2007b).

2.5.1 Esiintyvyys eläimissä

Y. enterocolitica esiintyy laajalti ympäristössä ja eläinpopulaatioissa (Bottone 1997). Sitä on eristetty maaperästä, vesistöistä, eläimistä ja kasveista (Kapperud 1991). Eläinlajeja, joista *Y. enterocolitica* on eristetty, ovat mm. pienet jyrsijät, jänis, villilinnut, siipikarja, nauta, pienet märehitijät, sika, koira ja kissa (Bottone 1999). Valtaosa eläimistä eristetyistä *Y. enterocolitica* -kannoista on kuitenkin ei-patogeenisia (Bottone 1997). Tärkeimpänä patogeenisen *Y. enterocolitica* lähteenä ihmiselle pidetään sikaa (Robins Browne 1997). Sialla tavallisimmin esiintyvä patogeeninen bio/serotyyppi on 4/O:3 (mm. EFSA 2007a). Myös *Y. pseudotuberculosis* on eristetty nisäkkäistä ja linnuista sekä maaperästä, vedestä ja elintarvikkeista (Aleksic ym. 1995, Fukushima 1995, Fukushima ja Gomyoda 1991, Niskanen ym. 2003). Norjassa *Y. pseudotuberculosis* on eristettu saksanhirvestä (Aschfalk ym. 2008). Merkittävimpinä *Y. pseudotuberculosis* eläinreservuaarina pidetään pieniä jyrsijöitä, villilintuja ja sikojia (EFSA 2007a, Niskanen ym. 2008, Smirnova ym. 2005).

Eläimillä esiintyy sekä patogeenisten yersinioiden oireetonta suolistokantajuutta että niiden aiheuttamia tauteja, kuten luomista, enteriittiä, mastiittiä ja pneumoniam (Sanford 1995, Seimiya ym. 2005, Shwimmer ym. 2007, Wuthe ym. 1995). Esimerkiksi Saksassa *Y. pseudotuberculosis* on eristetty kuolleena löytyneistä jäniksistä, ja se on ollut eläintarhassa elävien apinoiden yleinen kuolinsyy (Bielli ym. 1999, Iwata ym. 2008, Wuthe ym. 1995). Eläimet voivat erittää yersinia ulosteessa kuukausia. MMM päätöksen 1346/1995 mukaan eläinlääkäreiden on Suomessa ilmoitettava kuukausittain läänineläinlääkärille *Y. enterocolitica* -tartunnat, ja *Y. pseudotuberculosis* -tartun-

nat muissa eläimissä kuin jäniksissä, kaneissa ja jyrsijöissä. Huhtikuun 2006 ja syyskuun 2008 välisenä aikana tartuntailmoituksia ei ole ollut. Osa maista raportoi vuosittain EFSA:lle kartoitustutkimusten tuloksia *Y. enterocolitican* esiintymisestä terveillä koti-

eläimillä (taulukko 1). Esiintyvyys on ollut alhainen, mutta tulosten arviointi tai vertailu eri maiden kesken on vaikeaa, koska kantojen patogeenisuutta ei aina ole ilmoitettu, eivätkä käytetyt analyysimenetelmät ja näytteenotto ole olleet vertailukelpoisia.

Taulukko 1. *Y. enterocolitica* -löydökset kotieläimissä (EFSA 2007b, 2007c, 2009).

Eläinlaji Maa, vuosi	Tutkittu kpl	<i>Yersinia</i> spp. pos. (%)	<i>Y. enterocolitica</i> (kaikki serotyypit) pos. (%)	Humaanipatogeeniset serotyypit pos. (kpl)
Sika				
Alankomaat, 2007	899	0	0	
Espanja, 2007	114	19,3	19,3	ei tietoa
Irlanti, 2007	418	0	0	
Irlanti, 2006	310	0		
Italia, 2006	101	4,0	0	
Italia, 2005	181	9,9	2,8	ei ilmoitettu
Itävalta, 2006	104	0		
Saksa, 2007	6 079	0,6	0,6	20 (O:9), 7 (O:3), 7 ei tietoa
Saksa, 2006	3 587	3,0	3,0	103 (O:3)
Saksa, 2005	12 266	ei ilmoitettu	0,7	54 (O:3)
Slovakia, 2006	75	0		
Suomi, 2007	104 (uloste), 256 (tonsilla)	11,0 (uloste), 52,0 (tonsilla)	11,0 (uloste), 52,0 (tonsilla)	11 (O:3) (uloste), 133 (O:3) (tonsilla)
Suomi, 2006	128	75,0	75,0	87 (4/O:3) 27/128 (uloste), 77/84 (tonsilla)
Sveitsi, 2005	81	0		
Nauta				
Alankomaat, 2006	763	0	0	
Irlanti, 2006	7 069	0,1	0,1	ei ilmoitettu
Italia, 2006	1 148	10,5	8,9	ei ilmoitettu
Italia, 2005	107	26,2	12,1	14 (O:9)
karjakohtainen näytteenotto	109	16,5	5,5	8 (O:9)
	32	6,3	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
	30	3,3	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Itävalta, 2006	231	0		
Saksa, 2006	8 038	0,2	0,2	2 (O:3)
Saksa, 2005	7 268	ei ilmoitettu	1,0	64 (O:3), 1 (O:5), 9 (O:9)
Slovakia, 2006	91	0		

Eläinlaji Maa, vuosi	Tutkittu kpl	Yersinia spp. pos. (%)	Y. enterocolitica (kaikki serotyypit) pos. (%)	Humaanipatogeeniset serotyypit pos. (kpl)
Lammas				
Alankomaat, 2006	110	1,8	0	
Irlanti, 2006	1 044	0		
Italia, 2006	76	31,6	0	
Italia, 2005	37	54,1	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Itävalta, 2006	49	0		
Saksa, 2006	3 776	0,1	0,1	5 (O:3)
Saksa, 2005	926	ei ilmoitettu	0,6	2 (O:3), 5 (O:6)
Slovakia, 2006	57	0		
Viro, 2006	43	4,7	0	
Vuohi				
Alankomaat, 2006	65	1,5	0	
Irlanti, 2006	51	0		
Saksa, 2006	615	0,2	0,2	1 (O:3)
Saksa, 2005	206	ei ilmoitettu	1,9	4 (O:3)
Kavioeläimet				
Irlanti, 2006	1 111	0		
Itävalta, 2006	28	0		
Saksa, 2006	2 126	0,3	0,3	6 (O:3)
Saksa, 2005	3 985	ei ilmoitettu	0	0
Sveitsi, 2006	74	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu	ei ilmoitettu
Siipikarja				
Alankomaat, 2006	71	1,4	0	
Irlanti, 2006	397	0		
Itävalta, 2006	74	0		
Saksa, 2005	4 446	ei ilmoitettu	0	0
Slovakia, 2006	74	0		

Patogeenista *Y. enterocolitica*a esiintyy yleisesti terveiden sikojen ulosteessa ja nielurisoissa. Teurastusprosessin yhteydessä yersiniat voivat levitä nielurisoista ja suolistosta ruuhon ja elimiin (Andersen ym. 1991, Niskanen 2002). Suomessa on todettu patogeeninen *yadA*-positiivinen *Y. enterocolitica* viljely- ja PCR-menetelmällä vuonna 1995 37 %:ssa ja vuonna 1999 56 %:ssa sikojen nielurisoja (Fredriksson-Ahomaa ym. 2000a, Korte ym 2004), joten tällä aikavälillä patogeeninen *Y. enterocolitica* näyttäisi yleistyneen. Esiintyvyyttä on tutkittu myös tämän jälkeen, mutta tuloksia ei ole tätä kirjoitettaessa julkaistu. *Y. pseudotuberculosis* on todettu viljelemällä 4 %:ssa teurassikojen nie-

lurisoja ja 3 %:ssa sianruhoja (Niskanen ym. 2002, Laukkanen ym. 2008). Muissa maissa esiintyvyys on ollut samaa suuruusluokkaa (Kechagia ym. 2007, McNally ym. 2004, Skjerve ym. 1998). Ruotsissa patogeeninen *Y. enterocolitica* on todettu 16 %:ssa sianruhoista (Lindblad ym. 2007).

Yersinioiden esiintyvyydestä naudassa on vähän tutkimustietoa. Nautojen serologiassa brucella-testauksessa voi *Y. enterocolitica*n serotyyppi O:9 ristireagoida testissä, mikä viittaa siihen että nauta voi toimia tämän serotyypin oireettomana kantajana (Gerbier ym. 1997). Englannissa teurastamolla otetuista 981 naudan suolinäytteistä

6,3 %:ssa eristettiin *Y. enterocolitica*, mutta patogeeninen kanta vain 0,2 %:ssa (McNally ym. 2004).

Saksassa todettiin koirista (n=3458 ja n=1627) 0,06 %-0,3 %:lla ja kissoista (n=2162) 0,05 %:lla patogeeninen *Y. enterocolitica* (EFSA 2007b, EFSA 2007c). Tuoreesta sianlihasta peräisin oleva patogeeninen yersinia voi kolonisoida esimerkiksi koiran, joka sitten saattaa toimia tartunnan välittäjänä ihmiseen (Fredriksson-Ahomaa ym. 2001b). Aiemmissä tapaus-verrokkitutkimuksissa tällaista yhteyttä ei ole todettu (Tauxe ym. 1987, Ostroff ym. 1994). Ruotsissa 818 haastatellusta yersinioosipotilaasta 2 % ilmoitti edeltävästä eläin-kontaktista (Thisted Lambertz 2005). Ruotsalaisessa tapaus-verrokkitutkimuksessa todettiin lemmikeillä ja tutinkäytöllä olevan tilastollinen yhteys 2-6 -vuotiaiden ja vastaavasti 0-1 -vuotiaiden lasten *Y. enterocolitica* -infektioon (Boqvist ym. 2009). Schmid ym. (2004) totesivat epidemiologisen yhteyden yksittäisten yersiniatapausten ja kotieläinten välillä, mutta eivät yersiniatapausten ja sianlihan käsittelyn tai syömis- sen kanssa. Suomessa hirvieläinten pääsyä jäävuorisalaattimaailelle ja kasteluvedenot- tamoon pidettiin mahdollisena altistavana tekijänä (Nuorti ym. 2004). Ranskassa to- dettiin, että ihmisten *Y. pseudotuberculosis* -tapauksen määrä saattaa korreloida jyrsi- jäpopulaation koon vaihtelun kanssa (Vin- cent ym. 2008). Suomessa on meneillään tutkimushanke, jossa selvitetään *Y. pseu- dotuberculosis* ja *Y. enterocolitica* epi- demiologiaa tutkimalla niiden esiintymistä luonnonvaraisissa piennisäkkäissä, mutta hankkeen tuloksia ei ole tätä raporttia kirjoj- tettaessa julkaistu. Vuonna 2004 sattuneen epidemian selvityksen yhteydessä todettiin yhdeltä porkkanoita tuottaneelta tilalta pyy- dystetyistä metsäpäästäisistä sama *Y. pseu- dotuberculosis* -serotyyppi ja PFGE-geno- tyyppi kuin sairastuneista ja porkkanoista (Kangas ym. 2008).

2.5.2 Esiintyvyys vedessä ja ympäristös- sä

Y. enterocolitica ja *Y. pseudotuberculosis* on eristetty luonnonvesistä ja kaivoista (Fu- kushima ym. 1988, Fukushima ym. 1995, Schaffter ja Parriaux 2002, Thompson ja Gravel 1986). Yersiniat pystyvät säilymään elinkykyisinä maaperässä ja vedessä pitkiä aikoja (Lund 1996). Patogeeninen yersinia voi tarttua ihmiseen veden välityksellä joko suoraan tai siten, että saastuneella vedel- lä kastellaan vihannesten kasvualustaa tai pestään tuoreena syötäviä tuotteita. Veden klooraus ja ultraviolettisäteily tuhoavat yer- siniabakteerit, joten juoma- ja prosessive- den käsittely riittää eliminoimaan veden välityksellä aiheutuvan riskin. Yersinioiden esiintymistä suomalaisissa luonnonvesissä ei ole kartoitettu, mutta Suomessa luonnon- vesien virkistyskäytöstä aiheutuvan infek- tion riskin arvellaan olevan pienen (Hokajärvi ym. 2008). Suomessa on todettu patogee- nista *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotubercu- losista* kaivovesissä (Hallanvuori 2009). Yer- sinioosiin sairastumisella on todettu olleen epidemiologinen yhteys käsittelemättömän veden juomiseen (Ostroff ym. 1994, Thomp- son ym. 1986), samoin luonnonvedellä kas- teltujen vihannesten syömiseen (Nuorti ym. 2004).

2.5.3 Esiintyvyys elintarvikkeissa

On arvioitu, että 65-90 % yersiniooseista olisi elintarvikeperäisiä (Lake ym. 2004). *Yersinia enterocolitica* -löydösten yleistymi- nen elintarvikkeissa on liitetty kylmätekno- logian kehittymiseen ja sitä seuranneeseen elintarvikkeiden säilytysaikojen pidentymi- seen. *Y. pseudotuberculosis* on eristet- ty elintarvikkeista vain harvoin (Fukushi- ma ym. 1997). Taulukkoon 2 on koottu eri maissa tehtyjen yersiniatutkimusten tulok- sia. Suomessa kartoitustutkimuksia on teh- ty Helsingin yliopistossa, Elintarviketurvalli- suusvirasto Evirassa (ent. EELA) ja joissakin kunnissa (Anon.2 2005, Anon.3 2007, Pönkä ym. 2007, taulukko 3).

Kansainvälisessä nopeassa hälytysjärjestelmässä, RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed, 178/2002), on vuosien 2004-2006 aikana ollut vain yksi *Y. enterocolitica* koskeva ilmoitus. Löydös oli mustekalasta, eikä selvityksissä todettu kontaminaation aiheuttajaa valmistusprosessista. Maahan-

tuotujen tuoretuotteiden aiheuttama riski ei näyttäisi olevan kotimaisten tuotteiden aiheuttamaa suurempi; alkuperämaata kriittisempi seikka on tuotantotilan tuotantotavat (Brackett 1999). Tullilaboratoriolla on valmius yersiniatutkimuksiin.

Taulukko 2. Eri maissa tehtyjä tutkimuksia patogeenisen *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* esiintymisestä elintarvikkeissa.

Elintarvike/ näytteenottoaika	Tutkittu, kpl	Patogeeninen <i>Yersinia enterocolitica</i>	<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	Viite, maa	Huomautus
Tuore sianliha	100	PCR: 7 %	Ei tutkittu	Bucher ym. 2008, Saksa	
Tuore sianliha	140	PCR: 9,3 %			
Raakamakkara (sianliha)	50	PCR: 4,0 %			
Raakamakkara (sianliha)	74	PCR: 0 %			
Tuore naudanliha	101	PCR: 0 %			
Raakamakkara (naudanliha)	55	PCR: 0 %			
Tuore broilerinliha	102	PCR: 1 %			
Raakamakkara (broileri)	6	PCR: 0 %			
Tuore riistaliha	60	PCR: 38,3 %			
Kokonaiset ja pilkotut kasvikset, pilkotut hedelmät, idut, vähittäismyynti	236	Viljely: ei todettu	Ei tutkittu	Abadias ym. 2008, Espanja	Viidessä (2,1 %) näytteessä ei-patogeeninen <i>Y. enterocolitica</i>
Jauheliha, sika ja sikanauta	100	Viljely: 5 % PCR: 35 %	Ei tutkittu	Thisted Lambertz ym. 2007b, Ruotsi	
Kylmäsavustettu sianliha-makkara	97	Viljely: ei todettu PCR: 11 %	Ei tutkittu	Thisted Lambertz ym. 2007b, Ruotsi	
Raakamaito	248	Viljely: 1,2 %	Ei tutkittu	Jayarao ym. 2006, USA	
Sianlihatuote, tuore	113	Viljely: 12 % <i>Y. enterocolitica</i> 4/O:3	Ei tutkittu	Fredriksson-Ahomaa ym. 2004, Saksa	
Salaatti	200	Viljely: ei todettu PCR: 3 %	Ei tutkittu	Johannessen ym. 2002, Norja	
Broileri, tuore, vähittäismyynti	40	Viljely: 7,5 %	Ei tutkittu	Capita ym. 2002, Espanja	<i>Yersinia</i> spp. 65 %:ssa näytteitä
Tuore ja sellaisenaan syötävä salaatti, sika, broileri, nauta; sellaisenaan syötävä perunamunakas	370	Viljely: ei todettu	Ei tutkittu	Soriano ym. 2001, Espanja	
Sika, nauta, broileri	2505 (sika 1 278, nauta 612, broileri 615)	Viljely: sika: 3 % nauta: 0,3 % broileri 0,3 %	Sika: 0,2 %	Fukushima ym. 1997, Japan	Tutkittu myös maahan tuotua lihaa
Tuore liha ja lihavalmistus, kypsä lihavalmistus	340 (tuore 140, kypsä 200)	Viljely: tuore: 9 % kypsä: 2 %	Ei tutkittu	Logue et al. 1996, Irlanti	Ei-patogeeninen <i>Y. enterocolitica</i> : tuore liha: nauta 87,5 %, sika 79 %, lammas 71 % siipikarja 55 %; kypsä lihavalmistus: 29 %
Raakamaito	589	Viljely: 1 %	Ei tutkittu	Rea ym. 1992, Irlanti	<i>Yersinia</i> spp. 39 %

Taulukko 3. Patogeenisen *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* esiintyminen kotimaisissa elintarvikkeissa.

Elintarvike/ näytteenotto- paikka	Tutkittu, kpl	Patogeeninen <i>Yersinia</i> <i>enterocolitica</i>	<i>Yersinia</i> <i>pseudotuber-</i> <i>culosis</i>	Viite, paikkakunta	Huomautus
Porkkana	223	Ei todettu	Ei todettu	Hakkinen 2009	18 porkkanatilaa, 127 näytettä tiloilta, 96 vähittäiskaupasta. Näytteitä tutkittiin kahden varastointikauden aikana.
Salaatti, raaste, tarjoilupaidat, myymälät, eiseskeittiot	69	Viljely: ei todettu	Viljely: ei todettu	Pönkä ym. 2007, Helsinki	<i>Yersinia</i> spp. suhteellisen yleinen
Salaatti, raaste, henkilöstö- ja oppilaitosravintolat	127 näytettä, joista osasta tutkittu yersinia	Viljely: ei todettu	Viljely: ei todettu	Anon.3 2007, Oulu	Ei-patogeeninen <i>Y. enterocolitica</i> 11 näytteessä
Kiinankaali, porkkana, jäävuorisalaatti, kaalit, tomaatti, kukkakaali, lanttu, palsternakka, punajuuri	316	Viljely: ei todettu	Viljely: ei todettu	Niskanen 2007	<i>Yersinia</i> spp. runsaasti; eniten eristyksiä porkkanoista, keväällä tutkituissa näytteissä enemmän kaikissa kasviksissa
Mansikka, 29 mansikkatila	142	Viljely: ei todettu	Viljely: ei todettu	Aalto ym. 2006	
Porkkana, kokonainen, suikaloitu ja raastettu, suur-talousskeittiot, vähittäismyynti, tukut, viljelytilat	47	Viljely: ei todettu (katso huomautus)	Viljely: ei todettu	Anon.2 Oulu, 2005	Yhdessä näytteessä sellainen <i>Y. enterocolitica</i> 1A, jolla vastaava taudinaiheuttajatekijä kuin patogeenisillä
Sian kieli	51	Viljely: 78 % PCR: 92 %	Ei tutkittu	Fredriksson-Ahomaa ym. 1999, Suomi	
Jauheliha	255	Viljely: 2 % PCR: 25 %	Ei tutkittu	Fredriksson-Ahomaa ym. 1999, Suomi	
Sianliha, vienniteurastamo, sian jauheliha, vähittäismyynti	104	Viljely: ei todettu	Ei tutkittu	Asplund ym. 1990, Suomi	
Raakamaito	81	Viljelty: ei todettu	Ei tutkittu	Hänninen ja Raevuori, 1981	Raakamaito: ei-patogeeninen
Pastöroitu maito, vähittäismyynti	17	Viljelty: ei todettu	Ei tutkittu		<i>Y. enterocolitica</i> 4,9 %

2.5.3.1 Liha

Sianliha

Sianlihan nauttimisen on todettu olevan *Y. enterocolitica* -infektion riskitekijä (Grahek-Odgen ym. 2007, Ostroff ym. 1994). Identtisiä *Y. enterocolitica* -kantoja on eristetty sekä sioista että yersinioosiin sairastuneista ihmisistä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2006). Sianlihaa pidetäänkin patogeenisen *Y. enterocolitican* yleisimpänä tartunnanlähteenä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2001a, Fredriksson-Ahomaa ym. 2006, Kapperud 1991, Kechagia ym. 2007). Yleisin sialla tavattava patogeeninen *Y. enterocolitica* -tyyppi on 4/O:3 (Fredriksson-Ahomaa ym. 2000b). Myös sian elimet on todettu tärkeäksi tartunnan välittäjäksi (Fredriksson-Ahomaa ym. 2001a). *Yersinia* voi saastuttaa työskentelypinnat, joista tartunta leviää seuraaviin käsiteltäviin tuotteisiin (Fredriksson-Ahomaa ym. 2004). Sian kielessä ja syötävissä sisäelimissä patogeeninen *Y. enterocolitica* on yleinen löydös, sen sijaan kaupan olevassa sianlihassa ja sianlihatuotteissa sitä todetaan harvoin (taulukot 2 ja 3). Mataragasin ym. (2008) eri tutkimuksista tekemän yhteenvedon perusteella meta-analyyssissä *Y. enterocolitican* keskimääräiseksi esiintyvyydeksi tuoreissa sianlihatuotteissa saatiin 8,3 % ja sellaisenaan syötävissä sianlihatuotteissa 6,4 % (Mataragas ym. 2008). Vähäinen esiintyvyys voi johtua perinteisten viljelymenetelmien heikkoudesta. DNA-pohjaisiin menetelmiin perustuvat tutkimukset antavatkin viitteitä siitä, että *Yersinia* on sianlihatuotteissa luultua yleisempää (Fredriksson-Ahomaa ja Korkeala 2003, Thisted Lambertz ym. 2007b).

Naudanliha

Kreikassa patogeenisia yersinioita ei todettu naudan ruhoista (Kechagia ym. 2007). Ruotissa 5 % naudan ruhoja oli *Yersinia*-positiivisia PCR-menetelmällä, mutta viljelemällä *Y. enterocoliticaa* ei pystytty osoittamaan (Lindblad 2008). Vähittäismyyntivaiheessa on sekä tuoreessa että kypsässä naudanlihassa todettu patogeeninen *Y. enterocoliti-*

ca; esiintyvyyystietoja ei kuitenkaan ole käytettävissä (Logue ym. 1996).

Broilerinliha

Kreikassa todettiin teurastamonäytteissä patogeeninen *Y. enterocolitica* 13,3 %:lla broilereista (Kechagia ym. 2007). Ruotissa todettiin patogeenisia yersinioita 9 %:ssa broilerinruhoja PCR-tekniikalla, mutta viljelemällä niitä ei saatu esiin (Lindblad ym. 2006). Broilerteurastamojen jätevesilietteessä on todettu *Y. enterocolitican* serotyyppejä 0:3 ja 0:9 (Fransen ym. 1996). Vähittäismyyntissä olevista tuoreista broilereista on todettu patogeeninen *Y. enterocolitica* (Capita ym. 2002, Logue ym. 1996). Mataragasin ym. (2008) eri tutkimuksista tekemän yhteenvedon perusteella meta-analyyssissä *Y. enterocolitican* keskimääräiseksi esiintyvyydeksi tuoreessa broilerissa saatiin 7,6 % ja sellaisenaan syötävissä tuotteissa 1,6 % (Mataragas ym. 2008).

2.5.3.2 Kala

Y. enterocolitica ja *Y. pseudotuberculosis* säilyvät kauan elinkykyisinä vesiekosysteemisissä planktonissa ja pohjaeliöstössä. Voi olla mahdollista, että ne kulkeutuisivat ravintoketjun mukana, jolloin kala toimisi tartunnan välittäjänä. Kaloista eristetyt yersiniat eivät kuitenkaan yleensä ole olleet patogeenisia, tai niiden virulenssia ei ole tutkittu (Davies ym. 2001, Khare ym. 1996).

2.5.3.3 Maito ja maitopohjaiset tuotteet

Yersinia enterocoliticaa on eristetty raakamaidosta ja siitä valmistetuista maitotuotteista (taulukko 2), mutta valtaosa eristetyistä kannoista on ollut ei-patogeenisia (Hamama ym. 1992, Desmasures ym. 1997). Hyvällä lypsyhygienialla tuotetun raakamaidon kontaminaatiolähteenä ei pidetä ulostetta (Kagkli ym. 2007). Vaikka *Y. enterocoliticaa* on eristetty naudan suolesta (McNally ym. 2004), *Y. enterocolitica* kulkeutuu suolesta maitorauhaseen todennäköisesti verenkierron välityksellä. Lehmä voi erittää mikrobia maidossa pitkään ilman että maidossa havaittaisiin aistinvaraisia muutok-

sia. Vaikka raakamaito voi sisältää myös patogeenisia yersinioita, maidon pastörinti ja juuston kypsytysprosessissa tapahtuvat muutokset, pH:n lasku ja hapatebakteerien tuottamat antibioottiset aineet tuhoavat yersiniaa (Schiemann 1978). *Y. pseudotuberculosisista* on eristetty naudan ja vuohen mastiittinäytteistä (Shwimmer ym. 2007). Mastiitin aiheuttajana yersinia on kuitenkin harvinainen, ja sen kyky infektoida utare on alhainen (Shwimmer ym. 2007).

2.5.3.4 Kasvikset ja hedelmät

Patogeenisia yersinioita on eristetty Venäjällä porkkanoista, kaalista, perunoista, punajuurista ja sipulista (Smirnova ym. 2005). Vihannesmehu on kuvattu *Y. pseudotuberculosisin* aiheuttaman epidemian epäilyksi välittäjäksi Japanissa (Inoue ym. 1984). Erityisesti Suomesta, Venäjältä ja Japanista on raportoitu kasvien välittämiä *Y. pseudotuberculosis* -epidemioita. Suomessa epidemioiden aiheuttajia ovat olleet jäävuorisalaatti ja talven yli säilytetty porkkana (Nuorti ym 2004, Jalava ym. 2006), Venäjällä esimerkiksi kasvissalaatit joissa on ollut kaalia, porkkanaa ja sipulia tai kaalia, hankaalia ja sipulia (PromMED-mail 2005a, ProMED-mail 2005b). FAO/WHO:n kokousraportissa (FAO/WHO 2008), joka käsittelee tuoreiden hedelmien ja kasvien mikrobiologisia vaaroja, mikrobiologiset vaarat

on luokiteltu kolmeen luokkaan seuraavien kriteerien perusteella: elintarvikepatogeenin aiheuttaman taudin yleisyys ja vakavuus, elintarvikkeen tuotannon laajuus, tuotantoketju, elintarvikepatogeenin lisääntymismahdollisuus ketjussa, vaaran kontrollointikeinot, kansainvälisen kaupan laajuus ja taloudelliset vaikutukset. Tässä luokittelussa *Y. pseudotuberculosis* vihreissä lehtikasviksissa on luokiteltu riskialtteinnaan ykkösluokkaan ja porkkanassa kolmosluokkaan, missä vaaralla katsotaan olevan kansanterveydellistä merkitystä, mutta vaaran hallitsemiseen vaikuttavista tekijöistä ei ole riittävästi tietoa.

2.6 Yersinian pitoisuus elintarvikkeissa

Kvantitatiivisia tutkimuksia *Y. enterocolitican* pitoisuudesta elintarvikkeista on julkaistu hyvin vähän (taulukko 4). Positiivisissa näytteissä pitoisuudet ovat olleet keskimäärin 10^2 - 10^3 pmy/g. *Y. pseudotuberculosisista* tuloksia on vielä vähemmän. Erään epidemiaselvityksen yhteydessä todettiin *Y. pseudotuberculosisista* porkkanaraasteessa noin 1-10 solua/25 g (Hallanvuo 2009); pitoisuuden arviointi perustui PCR-menetelmän pitoisuusvalidointiin.

Taulukko 4. Patogeenisen *Y. enterocolitican* pitoisuus elintarvikkeissa.

Elintarvike	Tutkittu (pos %)	Pitoisuus pmy/g	Maa, viite	Huomaus
Tuore sianlihatuote (kotletti, file, jauhe-liha ym.)	933 (10,3 %)	1,1 %:ssa vähintään 10^3 - 10^4 9,2 %:ssa 10^2 - 10^3	Ruotsi, Thisted Lambertz 2007a	Semikvantitatiivinen arvio PCR-tutkimusten detektio- rajan perusteella
Kypsä sianlihatuote (makkara, kypsä kinkku, kassler ym.)	522 (6,7 %)	10^2 - 10^3	Ruotsi, Thisted Lambertz 2007a	Semikvantitatiivinen arvio PCR-tutkimusten detektio- rajan perusteella
Kinkku	51/2 (3,9 %)	260-2 730	Etelä-Afrikka, Nortjé ym. 1999	Keskiarvo 790 pmy/g
Jauheliha	51/8 (15,7 %)	50-4 500	Etelä-Afrikka, Nortjé ym. 1999	Keskiarvo 390 pmy/g
Makkara (vienna sausage)	51/1 (2 %)	260	Etelä-Afrikka, Nortjé ym. 1999	
Raakamakkara	8	20-2 500	Norja, Nesbakken ym. 1991	Keskiarvo 439 pmy/g; tulokset arvioita
Tuore sianliha	3	50-300	Norja, Nesbakken ym. 1991	Keskiarvo 200 pmy/g; tulokset arvioita

2.7 Yersinian kasvuun vaikuttavia tekijöitä

Lämpötila

Yersiniat pystyvät kasvamaan alle 0 °C +42 °C. Lisäntyminen on sitä hitaampaa, mitä alempi lämpötila on. Kahdentumisaika (generaatioaika) 28-30 C-asteessa on noin 34 minuuttia, 22 C-asteessa noin 1 tunti, 7 C-asteessa 5 tuntia ja 1 C-asteessa noin 40 tuntia. Jäädetytyssä elintarvikkeessa yersiniat säilyvät elinkykyisinä pitkiä aikoja, ja ne kestävät toistuvaa sulattamista ja uudelleen jäädyttämistä (Robins-Browne 1997).

Yersiniat tuhoutuvat keitetäessä, paistettaessa ja pastöroitaessa (71,8 °C 18 s); maidon ja lihan lämpökäsittely 60 °C 1-3 minuuttia riittää inaktivoimaan ne (Bottone 1999, Jay ym. 2005). Kontaminoituneen lihan pintakäsittely 80-asteisella vedellä 10-20 sekuntia alentaa elinkykyisten bakteerien määrää 99,9 % (Robins-Browne 1997). Kylmäsavustamisessa käytetty lämpötila (28-30 °C) ei tuhoa yersinioita.

Happamuus

Yersiniat pystyvät lisääntymään pH-alueella 4-10, niiden optimi-pH on 7,2-7,4. Vaikka yersiniat kestävät emäksisiä olosuhteita hyvin, elintarvikkeissa ei ole niin emäksisiä olosuhteita, että tällä ominaisuudella olisi elintarviketurvallisuuden kannalta merkitystä. Happamuuden sieto riippuu mikrobin kasvuvaiheesta, lämpötilasta, käytetystä haposta ja sen konsentraatiosta sekä käsittelyajasta. Maitohappo on lämpötilasta riippumatta toksisempaa *Y. enterocolitica* kuin sitruunahappo (Virto ym. 2005).

Lisäaineet

Y. enterocolitica kasvaa 5 % ja *Y. pseudotuberculosis* 3,5 % NaCl-liemessä. Kasvu riippuu lämpötilasta siten, että 4,5-prosenttiossa suolaliemessä *Y. enterocolitica* kasvu estyy täydellisesti 2 C-asteessa, mutta vain osittain 5 C-asteessa (Robins-Browne 1997). Elintarvikkeeseen lisätynä 5 % NaCl hidastaa yersinian kasvua.

Elintarvikkeeseen lisätty nitriitti estää yersinioiden kasvua. Kun fermentoituun makaraan lisättiin *Y. enterocoliticaa* $1,7 \times 10^7$ pmy/g ja natriumnitriittiä 80-120 mg/kg, bakteeria ei todettu 28 vrk kuluttua. Jos natriumnitriitin määrä oli alle 50 mg/kg, *Y. enterocolitica* oli todettavissa jopa 35 vrk kestäneen seuranta-ajan loppuun asti (Asplund ym. 1993).

Muunnettu ilmakehä

Fakultatiivisesti anaerobisina mikrobeina yersiniat kasvavat sekä hapen läsnä ollessa että ilman happea. Elintarvikepakkauksen muunnettu ilmakehä saattaa hidastaa tai estää yersinian kasvua, mutta estovaikeus riippuu käytetystä kaasuseoksesta, säilytyslämpötilasta, elintarvikkeen koostumuksesta ja pH:sta. Kaasuseos 80 % CO₂ /20 % O₂ esti *Y. enterocolitican* lisääntymisen jauheliikassa 1 ja 4 C-asteessa, mutta ei 10 eikä 15 C-asteessa (Thisted Lambertz 2007a). Kaasuseos 0,4 % CO/60 % CO₂/40 % N₂ esti *Y. enterocolitican* kasvun 4 ja 10 C-asteessa (Nissen ym. 2000). Kaasuseoksessa 70 % O₂/30 % CO₂ *Y. enterocolitica* lisääntyi pitoisuudesta 5×10^2 pmy/g pitoisuuteen 10^4 pmy/g viidessä päivässä, kun

jauheliikaa säilytettiin +4 °C:ssa, ja pitoisuuteen 10^5 pmy/g, kun jauheliikaa säilytettiin +10 C-asteessa. Happea läpäisevässä polyetyleenipakkauksessa lisääntyminen oli vielä nopeampaa (Nissen ym 2000).

Säteilytys

Yersiniat ovat herkkiä ionisoivalle ja UV-säteilylle. Mikrobin desimeroitumisannos (D10 kGy) on säteilyannos, joka tarvitaan alentamaan elävien mikrobien pitoisuutta yhteen kymmenesosaan alkuperäisestä. Yersinian D10-arvo on noin 0,20 kGy. Yersiniat ovat UV-säteilylle herkempiä kuin *E. coli* (Ye ym. 2007).

Kilpaileva mikrobisto

Myös muut mikrobit vaikuttavat yersinioiden kasvuun. Yersinioita ei ole pidetty hyvinä kilpailijoina muun psykrotrofisen flooran kanssa, ja joidenkin startermikrobien ja esimerkiksi porkkanan luontaisen mikrobiston on koeolosuhteissa todettu estävän *Y. enterocolitican* kasvua (Liao 2007). Toisaalta *Y. enterocolitican* on todettu myös säilyvän ja lisääntyvän kylmäsäilytyksen tai fermentoinnin aikana (Bredholt ym. 1999).

3 *Yersinia* taudinaiheuttajana

3.1 Tautitapausten esiintymiseen vaikuttavia eroja

Yersinioosia esiintyy maapallolla pääasiassa lauhkean vyöhykkeen alueilla (Eurooppa, Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikan länsirannikko, Aasian pohjois-, keski- ja länsiosat, Australia, Uusi Seelanti, Etelä-Afrikka). *Y. enterocolitica* -infektioita tavataan maailmanlaajuisesti, *Y. pseudotuberculosis* -infektioita on raportoitu lähinnä pohjoiselta pallonpuoliskolta. Yersinioosien seurantarjestelmät ovat eri maissa erilaisia tai puuttuvat; lisäksi aiheuttajaa ei välttämättä eritellä (EFSA 2009). Tavallisin serotyyppi *Y. enterocolitica* -infektioissa on sama, joka on samalla alueella vallitsevana sioissa.

Lasten ja vanhusten katsotaan olevan muuta väestöä alttiimpia sairastumiselle. Tautitapausten esiintymistä on yhdistetty kylmään vuodenaikaan, alueelliseen jyräjäpopulaation lisääntymiseen, teollistuneisiin maihin ja etnisiin ruokailutapoihin (EFSA 2007a, Lee ym. 1990, Vincent ym. 2008). Yersinioosille altistaa myös immuunipuute, veritauti β -thalassemia, veren korkea rautapitoisuus ja rautaa kelatoiva deferoksiamiinilääkitys (Bottone 1997, Adamkiewicz ym. 1998). *Y. enterocolitica* -infektiot voivat muodostaa vakavan ongelman maissa, missä periytyvä β -thalassemia on tavanomaista yleisempi (Kachegia ym. 2007).

Viljelypositiivisten *Y. enterocolitica* -tapausten esiintyvyydessä ei Suomessa ole todet-

tu eroa sukupuolten välillä lapsilla, nuorilla eikä vanhuksilla. Aikuisväestössä (29-74 v) ilmaantuvuus on miehillä ollut 10 % pienempi kuin naisilla. Eron on arveltu johtuvan siitä, että naiset sekä hakeutuvat aktiivisemmin tutkimuksiin että nauttivat runsaammin kasviksia (Huovinen ym. 2006). Kuitenkin patogeenisiin *Y. enterocolitica* bio/serotyyppisiin kuuluvia kantoja on esiintynyt miehillä enemmän kuin naisilla, ja alle 3-vuotiaat lapset ovat olleet yliedustettuina (Huovinen ym. 2008). Viljelypositiivisia *Y. pseudotuberculosis* -tapauksia esiintyy eniten kouluikäisillä; aikuisilla ja vanhuksilla ilmaantuvuus on selvästi pienempi. Useimmat *Y. pseudotuberculosis* -epidemiat ovatkin liittyneet kouluruokailuun. Norjassa yersiniatartuntoja on raportoitu enemmän miehillä. Ruotsissa ilmaantuvuus 0-6 -vuotiailla lapsilla on ollut 30/100 000 asukasta (Boqvist ym. 2009). Suomessa tautitapausten vuodenaikaisvaihtelu on ollut vähäistä. Norjassa tapauksia ilmaantuu eniten kylmänä vuodenaikana, Ruotsissa lämpiminä kausina (Anon.1, Thisted Lambertz 2007a). Syytä siihen, miksi lapsilla todetaan yersiniooseja enemmän kuin aikuisilla, ei tiedetä (EFSA 2007a).

Y. enterocolitica -riskille altistavina ammatteina voidaan pitää karjankasvatusta ja muuta eläinten kanssa työskentelemistä, työskentelyä teurastamossa, raakoja eläinperäisiä elintarvikkeita tai vihanneksia käsittelevissä yrityksissä, ateriapalvelussa ja vähittäismyymälöissä. *Y. pseudotuberculosis*

sis osoittautui lisäävän riskiä vain kotieläin-tilallisille (Lake ym. 2004, Smirnova ym. 2005). Altistuminen yersinialle on yleistä; suomalaisista 19-31 % ja saksalaisista 33-43 % on todettu seropositiiviseksi (Mäkilola ym. 1997).

3.2 Patogeneesi ja virulenssi

Enteropatogeeniset yersiniat ovat invasiivisia. Ne pystyvät läpäisemään suoliston limakalvon, tunkeutumaan terminaalisen ileuksen ja proksimaalisen colonin (ohutsuolen loppuosan ja paksusuolen alkuosan) Peyerin levyihin ja lamina propriaan (tyvikalvoon), ja lisääntymään imukudoksessa. Ne voivat levitä suoliston imukudoksessa aiheuttaen mikroabskesseja, tai levitä verenkierron mukana muualle imukudokseen, erityisesti maksaan ja pernaan.

Enteropatogeenisten yersinioiden virulenssimekanismit ovat mutkikkaita, eikä kaikkia virulenssiin vaikuttavia tekijöitä vielä tunnetta (Revell ym. 2001, Howard ym. 2006). Kaikilla patogeenisillä yersinioilla on 64-75 kb:n kokoinen virulenssiplasmidi (pYV, pIB1) (Nagano ym. 1997, BAM 2007). Se koodaa monia eri virulenssiin liittyviä tekijöitä, esimerkiksi Yop-proteiineja (ulkomembraani-proteiinit), *lcr* (low calcium response), YadA (yersinia adherence protein, "tarttumisproteiini"), *virF* (lämpötilasta riippuvainen muiden plasmidigeenien säätelijä). Muita virulenssiin liittyviä, kromosomissa sijaitsevia virulenssigeenejä ovat *inv* (invasiini) ja *ail* (attachment invasion locus), jotka molemmat liittyvät isäntäsolujen invaasioon. Kliiniset *Y. enterocolitica* -kannat pystyvät tuottamaan lämmönkestävää enterotoksiinia (ystA), jonka tuoton yhteys infektion syntymiseen on epäselvä (Bottone 1997). Osa *Y. pseudotuberculosis* -kannoista muodostaa supertoksiineja, *Y. pseudotuberculosis* mitogen (YPMa, YPMb, YPMc), jotka stimuloivat T-lymfosyyttien lisääntymistä ja myötävaikuttavat systeemisen infektion syntymiseen (Fukushima ym. 2001, Yoshino ym. 1994).

Osalla *Y. enterocolitica*- ja *Y. pseudotuberculosis* -kantoja on lisäksi korkeapatogeenisuusaareke (HPI, high-pathogenity island), jossa sijaitsee rauta-aineenvaihduntaan vaikuttavia geenejä.

3.3 Taudinkuva

Yersiniainfektioiden kliininen taudinkuva on laaja, ja oireet vaihtelevat sairastuneen iän ja kannan virulenssin mukaan. *Y. enterocolitica* -infektion inkubaatioaika on 1-11 vrk. Akuutti enteriitti, johon liittyy kuumetta ja eksudatiivista, veristä ripulia on yleinen taudinkuva etenkin alle 5-vuotiailla lapsilla. Vanhemmilla lapsilla ja nuorilla aikuisilla yleisempi tautimuoto on suoliliepeen imusolmuketulehdus (mesenteriaalinen lymfadeniitti), jonka pääoireena on umpisuolen tulehdusta muistuttava kova, oikealle alavatsaan paikallistuva kipu ja kuume. Jopa 9 %:lla umpisuolioireisista potilaista on etiologisena tekijänä ollut *Y. enterocolitica*. Lapsilla oireet voivat kestää 3-28 vrk. Aikuisilla on tavallisesti ripulia ja epämääräisiä vatsakipuja; oireiden kesto on yleensä 1-2 viikkoa. Aikuisilla oireena voi olla pelkkä nielutulehdus (Bottone 1997). Bakteeria voi erittyä ulosteessa jopa kuukausia oireiden häviämisen jälkeen.

Y. pseudotuberculosis -infektion yleisimmät oireet ovat kuume ja mesenteriaalisen lymfadeniitin aiheuttama akuutti vatsakipu. Alle puolella sairastuneista on ripulia, oksentelua, nivel- tai selkäkipua. Vatsakipu paikallistuu usein oikealle alavatsaan, eikä aina ole kliinisesti erotettavissa äkillisen umpilisäkkeen tulehduksen aiheuttamasta vatsakivusta. *Y. pseudotuberculosis* -infektion inkubaatioaika on 4-18 vrk ja keskimääräinen kesto 18 vrk (Jalava ym. 2006). Japanista ja Venäjältä on kuvattu myös oireiltaan vakavampaa *Y. pseudotuberculosis* -infektion aiheuttamaa tautia (FESLF, Far East scarlet-like fever), johon liittyy toksinen sokki, iho- ja silmäoireita sekä ns. mansikkakieli. Yersinoosi voi olla myös metastaatista muotoa, jossa mm.

maksaan, haimaan tai keuhkoihin muodostuu abskesseja (Bottone 1997).

3.4 Jälkitaudit

Tavallisimmat yersinioosin jälkitaudit ovat reaktiivinen artriitti ja kyhmyruusu (erythema nodosum) (Leirisalo-Repo 1987). Pie-nissä epidemioissa jopa puolet sairastuneista on saanut jonkin jälkitaudin (Tertti ym. 1984). Reaktiiviseen artriittiin sairastuu yleisemmin henkilö, jolla on kudostantigeeni HLA (human lymphocyte antigen)-B27 (Bottone 1997, Hannu ym. 2003). Niistä henkilöistä, jotka saavat jälkitauteja, 80 %:lla on tämä kudostyyppi (Thisted Lambert 2007a). Yersinian laukaisemaa reaktiivista artriittia esiintyy etenkin Suomessa ja muissa Pohjoismaissa, missä kudostyyppi HLA-B27 on yleinen (Bottone 1999). Reaktiivisen artriitin kehittyminen riippuu todennäköisesti sekä yersinian serotyypistä että potilaan iästä (Hannu ym. 2003). Suomen vuoden 1998 *Y. pseudotuberculosis* -epidemiassa 12 % ja 1981-1982 epidemiassa 21 % sairastuneista sai sen jälkitautina (Hannu ym. 2003). Artriitti alkaa yleensä 1-2 viikon kuluttua ruokamyrkytysoireista polvien, nilkkojen, varpaiden, sormien, ranteiden ja kyynärpäiden nivelistä. Tulehdusreaktio vaeltaa nivelestä toiseen ja rauhoittuu useimmiten 3-5 kuukauden kuluessa itsestään jättämättä pysyvää haittaa. Kuitenkin jopa 30-40 % potilaista kärsii myöhemmin erilaisista nivelkivuista ja tulehdussellisista alaselän kivuista, ja oireet voivat kestää vuosia akuutin vaiheen jälkeen (Leirisalo-Repo 1998, Robins-Browne 1997). Suomessa vuoden 2003 *Y. pseudotuberculosis* -epidemiassa noin puolella sairastuneista diagnosoitiin jälkitautina kyhmyruusu (Jalava ym. 2006). Kyhmyruusu esiintyy erityisesti naisilla; usein yhdessä reaktiivisen artriitin kanssa. Sen esiintyminen ei kuitenkaan ole yhteydessä HLA-B27-antigeeniin (Robins-Browne 1997). Muita yersinioosin jälkitauteja ovat imusolmuketulehdus, verenmyrkytys ja erilaiset maksan toiminta-

häiriöt; harvinaisempina oireina voi esiintyä iriittiä, uretriittiä, glomerulonefriittiä ja kardiittia. Jälkitaudit tekevätkin yersinioosista merkittävän kansanterveydellisen ja taloudellisen ongelman. Jälkitaudin puhjetessa potilasnäytteiden ulosteiljelyt ovat usein jo negatiivisia. Hiljattain sairastettu tauti voidaan kuitenkin osoittaa serologisesti toteamalla vasta-aineiden lisääntyminen.

Verensiirron seurauksena voi aiheutua yersiniabakteremia (Bottone 1997). Tällöin verenluovuttaja on ollut oireeton yersinian kantaja tai hänellä on ollut vatsaoireita useita kuukausia aiemmin. Yersinia on päässyt lisääntymään verituotteessa kylmäsäilytyksen aikana (Leclercq ym. 2005). Bakterierialle voi altistaa myös immuunipuute, raudan kertyminen elimistöön tai muu perussairaus, kuten diabetes tai maksakirroosi.

3.5 Kuolleisuus

Suolistotulehdusmuodossa kuolleisuus on harvinaista. Suomessa vuoden 1998 *Y. pseudotuberculosis* -epidemiassa menehtyi yksi iäkäs, aiemmin terve henkilö (1/47, 2 %) (Nuorti ym. 2004). Norjassa vuoden-vaihteen 2005/2006 *Y. enterocolitica* -epidemiassa kuoli kaksi iäkästä henkilöä, joilla molemmilla oli edeltävä sairaus (2/11, 18 %) (Grahek-Ogden ym. 2007). Verenmyrkytyksen yhteydessä kuolleisuus voi olla jopa 30-60 %; toisaalta bakteremia voi olla oireetonta.

3.6 Herkkyys mikrobilääkkeille

Yersinia enterocolitica on luontaisesti resistentti ampisilliinille. Yersiniaenteriitti paranee useimmiten spontaanisti. Mikrobilääkityksen tehosta ei ole näyttöä. Jos potilas on vaarassa saada bakteremian tai oireet ovat hankalat, antibioottihoitoa kuitenkin suositellaan. Ensisijaisesti käytetään fluorkinoloneja, vaihtoehtoisesti tetrasykliiniä (Siitonen ja Vaara 2003); lapsille sulfa-tri-

metopriimia (Vesikari ja Helminen 2007). Suomessa vuonna 2006 kliinisistä näytteistä eristetyistä patogeenisistä (virulenssi-plasmidillisista) *Y. enterocolitica* -kannoista (n=75) 14 % oli resistenttejä kolmelle tai useammalle mikrobilääkkeelle, yleisimmin kloramfenikolille, streptomysiinille, sulfonamidille ja tetrasykliinille. Kannoista 4 % oli resistenttejä nalidiksiinihapolle ja niiden siprofloksasiiniherkkyys oli alentunut. Suurin osa potilaista (60%), joilta resistentti kanta oli eristetty, oli matkustanut ulkomailla ennen sairastumistaan (Sihvonen ym 2009b). Suomessa sioista eristetyt kannat ovat olleet herkkiä mikrobilääkkeille (Alaskewicz ym. 2006). Resistenttejä kantoja on todettu erityisesti Etelä-Euroopassa, ja resistenssin ilmenemisellä on todettu tilastollisesti merkitsevä yhteys joidenkin virulenssigeenien esiintymisen kanssa (Kechagia ym. 2007).

3.7 Annos-vaste

Annos-vastetta arvioitaessa käytetään apuna epidemiologista tutkimustietoa, eläinkokeita ja vapaaehtoisten altistuskokeita. *Yersinioiden* kohdalla näistä on hyvin vähän tietoa. Koeolosuhteissa 1970-luvulla yksi henkilö sai ripulin saman päivän aikana nautittuaan *Y. enterocolitica* -annoksen 3.5×10^9 pmy, mutta arvellaan, että ainakin lapsille infektion aikaansaamiseen tarvittava annos olisi huomattavasti alhaisempi kuin 10^9

pmy:tä (Lake ym. 2004). Robins-Browne (1997) arvioi infektioannoksen ylittävän 10^4 pmy. Public Health Agency of Canada arvioi infektioannokseksi 10^6 pmy perustaen arvioidun LD_{50} -arvoon hiirellä (Anon.4 2009); U.S. Food and Drug Administration FDA:n mukaan infektioannos on tuntematon (Anon.5 2009). Hiirille on aiheutettu kokeellisia infektioita *Y. enterocolitica* annoksella 10^8 pmy per os (Oellerich ym. 2007, Trülzsch ym. 2004) ja *Y. pseudotuberculosis* annoksella 2.2×10^8 pmy per os (Najdenski ym. 2003). Rotta ei sairastunut *Y. pseudotuberculosis* annoksella 10^8 - 10^9 pmy per os (Najdenski ym. 2003).

Vuoden 2003 porkkanaepidemian selvityksessä (Jalava ym. 2006) todettiin, että sairastuminen *Y. pseudotuberculosis* -infektioon oli sitä todennäköisempää, mitä isomman annoksen porkkanoita oli nauttinut. Nuorti ym. (2004) totesivat annoskoon vaikuttavan epäsuorasti syöntifrekvenssin kautta siten, että sairastuminen *Y. pseudotuberculosis* -infektioon oli sitä todennäköisempää, mitä useammin oli nauttinut saastunutta jäävuorisalaattia. Vuoden 2008 suomalaisissa porkkanaepidemioissa todettiin epidemian aiheuttaneessa porkkanaerässä real-time PCR:llä 1-10 yersinia-solua /25 g näytettä eli alle viljelymenetelmän herkkyuden (pitäisyyden arviointi perustuu PCR-validointiin); tämä voi olla osoitus joko *Y. pseudotuberculosis* epätasaista jakautumisesta porkkanaraaste-erässä tai hyvin pienestä infektioannoksesta (Hallanvuo 2009).

4 Elintarvikevälikkeiden tapausten epidemiologia

Ruokamyrkytyksellä tarkoitetaan ruuan tai talousveden nauttimisen välityksellä saatua tartuntaa tai myrkytystä, ja ruokamyrkytysepidemiolla tapausta, jossa vähintään kaksi henkilöä on saanut oireiltaan samanlaatuisten ruokamyrkytyksen nautittuaan samaa alkuperää olevaa elintarviketta tai talousvettä, ja missä kyseinen elintarvike tai vesi voidaan epidemiologisesti todeta sairauden lähteeksi (STMas 251/2007).

Suomessa yersinia on tartuntatautiasetuksen (786/1986) mukainen rekisteröitävä mikrobilöydös, josta on tehtävä tartuntatauti-ilmoitus valtakunnalliseen tartuntatautirekisteriin. Yersinioosiin sairastuneista kertyy tietoa myös ruokamyrkytysrekisteriin. Kuntien terveydensuojeluviranomaisilla on velvollisuus tutkia alueellaan ilmenneet ruokamyrkytyspäilyt ja tehdä niistä selvitysilmoitus Eviralle (STMas 251/2007). Evira lähettää selvitysilmoituksen THL:lle, vesivälitteisestä epidemiasta myös Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirastolle (Valvira) sekä ylläpitää selvitysilmoituksista kansallista ruokamyrkytysrekisteriä (Elintarvikelaki 23/2006 §83, STM/763/1994, STMas 251/2007 §7). Evira raportoi tiedot vuosittain FAO/WHO:n ruokamyrkytysrekisteriin ja EFSA:n zoonosiraporttiin.

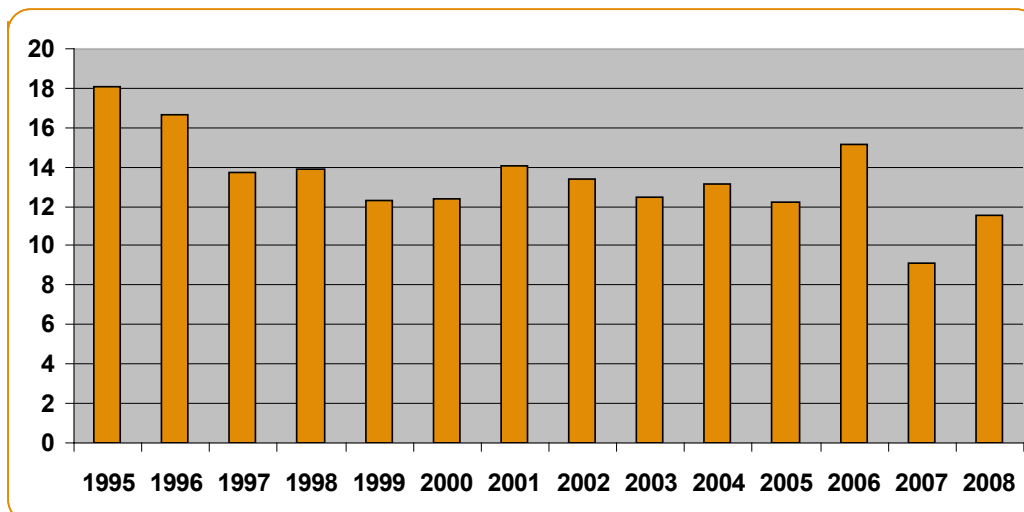
Tapausten lukumäärä on huomattavasti suurempi tartuntatautirekisterissä kuin ruokamyrkytysrekisterissä. Esimerkiksi vuonna 2007 oli ruokamyrkytysrekisterissä 456 ja tartuntatautirekisterissä 785 yersiniatapausta.

Rekistereihin kertyy tieto eri tavalla. Ruokamyrkytysrekisteriin kerätään vain niiden Suomessa sattuneissa elintarvikevälikkeissä epidemioissa sairastuneiden henkilöiden lukumäärä, joista on tehty ilmoitus Eviraan. Tartuntatautirekisteriin kerätään laboratoriossa varmenneet, myös yksittäistapaukset. Tartuntatautirekisterin tiedot sisältävät myös vasta-ainemäärityksissä positiivisiksi todetut tapaukset ja tapauksia, joilla on todettu ns. ei-patogeeniseen lajiin tai ei-patogeeniseen bio/serotyyppiin kuuluva kanta.

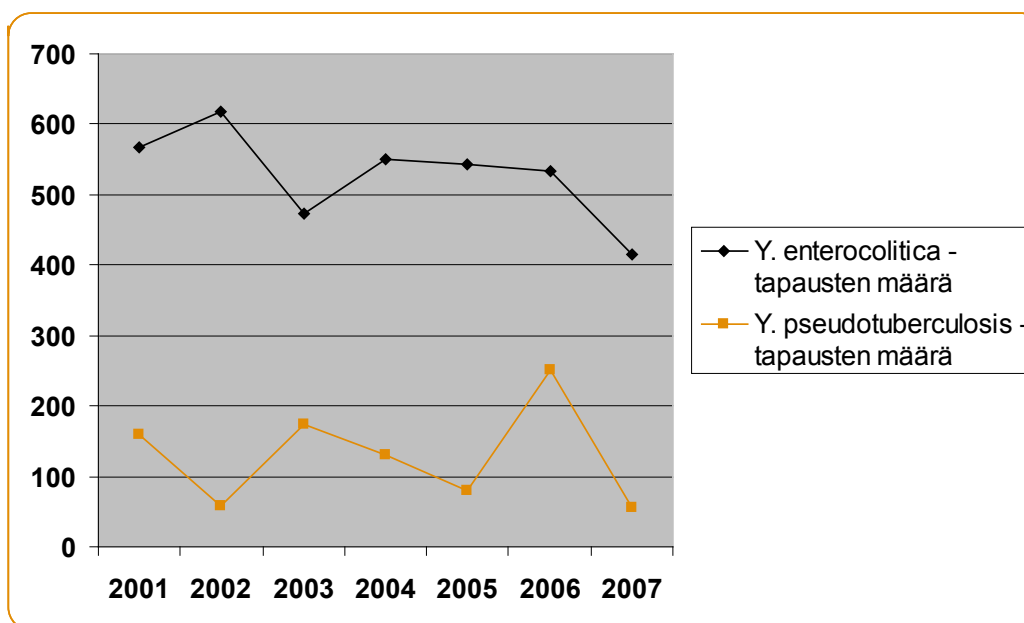
4.1 Tapaukset Suomessa

Yersiniatartuntoja on Suomessa todettu vuosittain 500-700 tapausta. Yersinioosin ilmaantuvuus/100 000 henkilöä vuosina 1995-2008 on esitetty kuvassa 1.

Y. enterocolitica -tartunnat ovat meillä yleisempiä kuin *Y. pseudotuberculosis* -tartunnat, mutta niiden osuus on meillä asteittain vähentynyt vuodesta 1995 lähtien (kuva 2). Vähenneminen johtuu pääasiassa alle 5-vuotiaiden lasten tartuntojen vähenemisestä – tosin tässä ikäryhmässä tartunnat ovat patogeenisten yersinioiden aiheuttamia (Huovinen ym. 2008). Myös kouluikäisillä ja aikuisilla ilmaantuvuus on vähentynyt. Sen sijaan vanhusväestössä se on hieman suurentunut; vanhusväestöllä enemmistö löydöksistä on *Y. enterocolitica* biotyyppi 1A:ta (Huovinen ym. 2006, KTL 2007, Huovinen ym. 2008). *Y. enterocolitica* -tapauk-



Kuva 1. Yersinioosin ilmaantuvuus Suomessa /100 000 henkilöä vuosina 1995-2008 KTL:n tartuntatautiraporttien perusteella.



Kuva 2. Tartuntatautirekisteriin ilmoitettujen *Y. enterocolitica*- ja *Y. pseudotuberculosis* -tapausten määrä vuosina 2001-2007 KTL:n tartuntatautiraporttien perusteella.

set ovat sporadisista. Viimeisten kymmenen vuoden aikana on raportoitu vain yksi epidemia (taulukko 5). Vuonna 2007 *Y. enterocolitica* -tapausten ilmaantuvuus oli koko maassa 8/100 000. Alueellisesti ilmaantuvuus vaihteli siten, että Etelä-Savon sairaanhoitopiirissä ei todettu yhtään tapausta ja

Kainuun sairaanhoitopiirissä ilmaantuvuus oli 26/100 000 (KTL 2008). Yli 75-vuotiailla ilmaantuvuus oli suurinta (15/100 000).

Y. pseudotuberculosis on aiheuttanut useita epidemioita viime vuosien aikana, ja tapausten määrä onkin vaihdellut vuosittain

huomattavasti epidemiatilanteen mukaan (kuva 2). Vuonna 2007 ilmaantuvuus oli 1/100 000, kun se epidemiavuonna 2006 oli alle 5/100 000 vaihdellen alueittain 0-13/100 000 (KTL 2007).

Taulukossa 5 on esitetty yersinioiden aiheuttamia ruokamyrkytys-epidemioita Suomessa 1997-2008. *Y. enterocolitica* vuonna 2003 aiheuttamassa epidemiassa aiheuttajaelintarvike jäi tunnistamatta. Useim-

mat *Y. pseudotuberculosis* -epidemiat on aiheuttanut talven yli säilytetty, edellisen satokauden porkkana. On mahdollista, että myös osa yksittäisistä tautitapauksista olisi tunnistamattomia epidemioita, joissa välittäjänä olisivat tuoreet kasvikset (Nuorti ym. 2004). Epidemioita on todettu aiemminkin; välittäjä on jäänyt tuntemattomaksi (Tertti ym. 1994). Talousvesivälitteisiä yersiniaepidemioita ei Suomessa ole todettu.

Taulukko 5. Yersinioiden aiheuttamia epidemioita Suomessa 1997-2008.

Vuosi	Sairastuneiden lukumäärä	Aiheuttaja	Elintarvike		Viite
1997	35	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:3	Tuntematon	Tartunnat liittyivät kouluruokailuun	MMM 2000
1998	53	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:3	Tuntematon	Tartunnat liittyivät kouluruokailuun	Hallanvuo ym. 2003
1998	47	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:3	Jäävuorisalaatti	Tartunnat liittyivät joukkoruokailuun	Nuorti ym. 2004
1999	22	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:3	Tuntematon	Joukkoruokailu, kanta identtinen 1998 epidemiakannan kanssa	MMM 2000
2001	89	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:1, O:3	Tuntematon	Ulkona syöminen	Jalava ym. 2004
2003	111 (arvio sairastuneiden kokonaismäärästä >500)	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:1	Porkkanaraaste	Porkkana saastunut tuotantotilalla	Jalava ym. 2006
2003	30	<i>Y. enterocolitica</i> O:3	Tuntematon	Joukkoruokailu	Hatakka ym. 2004
2004	53	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:1	Porkkanaraaste	Sama kanta eristettiin sairastuneista, tuotantotilan vanhentuneista porkkanoista, porkkanoiden pilaantumisnesteestä, tilalta pyydystetyistä metsäpäästäisistä	Kangas ym. 2008
2006	>400	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:1	Porkkanaraaste	Porkkanoiden varastotilojen pinnoilla ja porkkanajäännöksissä sama bakteerikanta kuin sairastuneissa	Rimhanen-Finne ym. 2009
2008	>30	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:1	Porkkanaraaste	Yersinia eristetty porkkanaraasteen lisäksi porkkanoita toimittaneen yrityksen porkkanoista ja maaperästä	www.ktl.fi 1.8.2008

4.2 Tapaukset muualla maailmassa

*Y. enterocolitica*n aiheuttamat infektiot ovat lisääntyneet useissa maissa viimeisten 30 vuoden aikana (Bottone 1999, Tauxe 2002, EFSA 2007a). Osittain tapauksen lisääntyminen johtuu niiden tarkemmasta raportoinnista. Toisaalta tapausmääriin vaikuttaa diagnostiikan taso ja se, raportoidaanko ne tapaukset, joissa on todettu *Y. enterocolitica* biotyyppi 1A. Ranskassa, USAssa ja Englannissa arvioidaan 90 % *Y. enterocolitica* -tapauksista olevan elintarvikeperäisiä, Australiassa vastaava luku on 75 % ja Uudessa Seelannissa 56 % (EFSA 2008). *Y. enterocolitica* 4/0:3:n aiheuttamissa tapauksissa jää tartunnan lähde usein tuntemattomaksi (Babić-Erceg ym. 2003, Thisted Lambertz 2007a).

*Y. pseudotuberculosis*nsen aiheuttamia yksittäisiä sairastumisia on raportoitu eniten Euroopasta (Aleksic ym. 1995, Van Noyen ym. 1995). Elintarvikevälikkeisiä *Y. pseudotuberculosis* -epidemioita on raportoitu Suomen lisäksi Venäjältä (sekä Neuvostoliitosta), Japanista ja Kanadasta. Venäjällä sairastuneet ovat useimmiten lapsia, ja tartunta on tullut lastentarhassa, leirillä tai koulussa. Aiheuttajaksi on arvioitu useimmiten vihanneksia (ProMED-mail 2005a, ProMED-mail 2008, Smirnova ym. 2005). Syytä siihen, miksi epidemioita esiintyy enemmän juuri näissä maissa, ei tiedetä. Kyseessä ovat mahdollisesti serotyyppien virulenssierot, erot eri bakteerien yleisyydessä eläin- ja ympäristö-reservuaareissa tai erot epidemioiden selvitys- ja raportointijärjestelmissä.

Taulukossa 6 on esitetty eri maista raportoituja yersiniaepidemioita.

Taulukko 6. Eri maista raportoituja yersiniaepidemioita.

Maa	Vuosi	Aiheuttaja	Välittäjä	Sairastuneita	Viite
Norja	2005-2006	<i>Y. enterocolitica</i> 2/O:9	Siansyltly	11	Grahek-Ogden ym. 2007
Ranska	2004-2005	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:1	Tuntemattomasta syystä lisääntyneet tapaukset, joissa epäiltiin yhteyttä jyräjäpopulaation muutoksiin	27	Vincent ym. 2008
USA	1995	<i>Y. enterocolitica</i> O:8	Pastöroitu maito	10	Ackers ym. 2000
USA	1988-1989	<i>Y. enterocolitica</i> O:3, O:1,2,3	Raakojen sian-suolten käsittely, tartunta käsittelijän huollettavaan	15	Lee ym. 1990
Japani	1988	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:1b, O:3	Vesilätäkön vesi, joka kontaminoitunut kissan ulosteella	2	Fukushima ym. 1989
Kanada	1984	<i>Y. enterocolitica</i> O:3	Kaivovesi	2	Thompson ja Gravel 1986
USA	1982	<i>Y. enterocolitica</i> O:13a, O:13b	Pastöroitu maito	172	Tacket ym. 1984, Toma ym. 1984
USA	1981-1982	<i>Y. enterocolitica</i> O:8	Tofu/lädevesi	50	Tacket ym. 1985
Japani	1981	<i>Y. pseudotuberculosis</i> O:5a	Todennäköisesti vihannesmehu	535	Inoue ym. 1984
USA	1976	<i>Y. enterocolitica</i> O:8	Maitokaakao	36	Black ym. 1978

Taulukossa 7 on esitetty yersinian ilmaantuvuus Euroopan unionin alueella vuosina 2005-2007. Tiedot eri maiden tilanteesta eivät ole vertailukelpoisia keskenään. Esimerkiksi Suomen lukuihin sisältyy myös positiiviset vasta-ainetulokset, *Y. enterocolitica* biotyypin 1A löydökset ja muita yersinialajeja kuin *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis*. Raportoinnissa yersinialaji oli eritelty

90 %:ssa tapauksia, ja 89 %:ssa aiheuttaja oli *Y. enterocolitica* (EFSA 2006). Ruotsissa noin 98 % yersiniooseista on *Y. enterocolitica* aiheuttamia, 1-2 % *Y. pseudotuberculosis* (Thisted Lambertz 2007a). Suomessa aiheuttajien osuus on vaihdellut vuosittain huomattavasti epidemiatilanteen mukaan (kuva 2).

Taulukko 7. Raportoidut *Yersinia* spp. -tapaukset ja niiden ilmaantuvuus eri maissa vuonna 2005-2007 (EFSA 2007b, 2007c, 2009).

Maa	2007 varmistetut tapaukset	2007 varmistettua tapausta/ 100 000 asukasta	2006 varmistetut tapaukset	2006 varmistettua tapausta/ 100 000 asukasta	2005 varmistetut tapaukset	2005 varmistettua tapausta/ 100 000 asukasta
Alankomaat	¹⁾					
Belgia	248	2,3	264	2,5	328	3,1
Bulgaria	8	0,1	5	0,1	-	-
Espanja	381	0,9	375	0,9	318	0,7
Irlanti	6	0,1	1	<0,1	3	<0,1
Iso-Britannia	86	0,1	58	0,1	65	<0,1
Italia	¹⁾		0			
Itävalta	142	1,7	158	1,9	143	1,7
Kreikka	¹⁾				0	
Kypros	0	0				
Latvia	41	1,8	92	4,0	51	2,2
Liettua	569	16,8	411	12,1	501	14,6
Luxemburg	11	2,3	5	1,1	1	0,2
Malta	0	0			0	
Portugali	¹⁾					
Puola	182	0,5	110	0,3	132	0,4
Ranska	¹⁾		0		171	0,3
Romania	¹⁾					
Ruotsi	567	6,2	558	6,2	684	7,6
Saksa	4987	6,1	5161	6,3	5624	6,8
Slovakia	71	1,3	82	1,5	63	1,2
Slovenia	32	1,6	80	4,0	0	-
Suomi	480	9,1	795	15,1	638	12,2
Tanska	274	5,0	215	4,0	241	4,5
Tšekin tasavalta	576	5,6	534	5,2	498	4,9
Unkari	55	0,5	38	0,4	41	0,4
Viro	76	5,7	42	3,1	31	2,3
EU yhteensä	8792	2,8	8979	2,1	9533	2,6
Islanti	¹⁾					
Liechtenstein	¹⁾					
Norja	71	1,5	86	1,9	125	2,7

¹⁾ Ei seurantaohjelmaa

Tanskassa ihmisten yersiniatartuntojen määrä väheni 1980-luvun puolivälissä, Ruotsissa ja Norjassa 1990-luvun puolivälissä. Yhtenä tärkeänä syynä vähenemiseen pidetään muutoksia teurastustekniikassa. Sikateurastamoissa siirryttiin käyttämään peräsuolen pussitusta suolen irrottamisen yhteydessä, ja muutettiin elinpaketin ripustusta (Anon.1, Thisted Lambertz 2007a). Erot Suomen muita Pohjoismaita korkeampaan yersiniatartuntojen esiintyvyyteen saattavatkin osittain johtua eri maissa sovelletun teurastustekniikan eroista esim. pään ja elinten irrotuksen ja peräsuolen pussittamisen suhteen (Anon.1). Tosin joidenkin asiantuntijoiden mukaan automaattisessa teurastuslinjassa pussituksesta ei ole vastaavaa hyötyä. Tanskassa tapausten määrä lähti uudelleen laskuun 1990-luvun puolivälin jälkeen. Ruotsin yersiniariskiprofiilissa (Thisted

Lambertz 2007a) tämä väheneminen yhdistetään ruhon pintapuhdistuksessa tapahtuneeseen muutokseen. Tämä ei kuitenkaan ajallisesti ole mahdollista, sillä ”höyryimurin” (steam suction), höyryllä steriloituvan tyhjöimurin käyttäminen ruhon puhdistamiseen sikateurastamoissa sallittiin Tanskassa vasta vuonna 2004.

Norjassa 70-75 % ja Ruotsissa 71-75 % tapauksista on kotimaista alkuperää (www.fhi.no, Thisted Lambertz 2007a). Myös Suomessa on arveltu valtaosan tapauksista olevan kotimaisia (MMM 2004). Kuitenkin niistä vuoden 2006 potilaista, joiden matkustustiedot saatiin, 47 % oli ollut ulkomailla ennen sairastumista, joten tartuntojen kotimaisuusaste saattaa olla luultua alhaisempi (Sihvonen ym. 2009a).

5 Elintarviketjun altistuminen enteropatogeenisille yersinioille

Tärkeimmäksi *Y. enterocolitica*n lähteeksi on tunnistettu sianliha ja *Y. pseudotuberculosis*in lähteeksi jotkin kasvikset, Suomessa porkkana ja esimerkiksi Venäjällä mm. kaali. Sen vuoksi seuraavassa käsitellään lihan osalta vain sian kasvatusta ja lihantarkastusta. Naudan- ja broilerinlihan osalta tietoa ei ole riittävästi.

5.1 Sianliha

Vuonna 2008 tuotettiin Suomessa sianlihaa 217 miljoonaa kiloa. Tuonnin osuus oli 12,7 miljoonaa kiloa. Lihasiat tuotetaan joko yhdistelmätiloilla, jolloin emakoiden porsimat siat kasvatetaan teurasikään samalla tilalla, tai lihasikaloissa, joihin porsaas tulevat välitysporsaina emakkosikalasta, mahdollisesti eri tiloilta. Vuonna 2008 oli Suomessa 3 357 sikatilaa, ja sikoja teurastettiin vajaa 2,5 miljoonaa kappaletta. Sianlihan kulutuksesta 90 % on kotimaista, ja tuotannosta 80 % syödään kotimaassa.

5.1.1 Alkutuotanto

Sika on ainoa kotieläin, jonka tonsilloista, ulosteesta ja suolesta patogeenista *Y. enterocolitica*a on eristetty toistuvasti (Bhaduri ym. 2005, Fredriksson-Ahomaa ym. 2000a, Fredriksson-Ahomaa ym. 2007). Suomessa *Y. enterocolitica* on todettu 36 %:ssa sikaloita (Asplund ym. 1990), ja sikalan sisäinen *Y. enterocolitica* -esiintyvyys on vaihdellut 0-100 % (Laukkanen 2009b). *Y. pseudotuberculosisista* on todettu 4 %:ssa suomalaisia

lihasikaloita (Niskanen ym. 2002). Sikatiloilla, joiden teurassioissa oli aiemmin todettu *Y. pseudotuberculosis*, sikalan sisäinen *Y. pseudotuberculosis*in esiintyvyys oli 5-71 % (Niskanen ym. 2008).

Yersiniatartuntaketjun kulku tilalla on vielä epäselvä. Alle 8-viikkoisilla porsailla ei *Y. enterocolitica*a eikä *Y. pseudotuberculosisista* ole todettu (Bowman 2007, Niskanen ym. 2008). On arveltu, että maternaaliset vasta-aineet suojaavat porsasta, mutta taustalla saattaa olla muukin mekanismi. Hiirikokeissa on vastasyntyneillä hiirillä todettu sisäsyntyistä immuunivastetta *Y. enterocolitica*lle (Echeverry ym. 2007). Synnyttävillä ja imettävillä emakoilla yersiniabakteereita on todettu harvoin (Bowman 2007) tai ei lainkaan (Niskanen ym. 2008). Syyksi on arvioitu vastustuskyvyn kehittymistä mikrobikohtaan (Niskanen ym. 2002). Pikkuporsasvaiheen jälkeen yersinian esiintyvyys nousee iän mukana (Bowman ym. 2007). Yersinia tarttuu lihasikalan sisällä todennäköisesti eläimestä toiseen (Pilon ym. 2000). Tässä tutkimuksessa ympäristönäytteissä ei todettu *Y. enterocolitica*a. Sama kanta tai muutamat kannat säilyvät pitkään tilalla (Pilon ym. 2000, Niskanen ym. 2008). Sikaloitten esiintyvyyystutkimuksissa on kuitenkin paljon näytteenottoon ja eristysmenetelmiin liittyviä ongelmia. Riittävän herkkä menetelmä ulostematriisille puuttuu (Laukkanen ym. 2009). Emakoiden ulosteessa on korkeampi kuiva-ainepitoisuus kuin nuorempien sikojen ulosteessa, joten analyysissä rikas-

tettava eri-ikäisten eläinten näytemäärä ei ole verrannollinen (Bowman 2007).

Suomessa on tutkittu epidemiologisesti, miten tuotantomuoto ja tilatekijät vaikuttavat yersinioiden esiintyvyyteen tiloilla (Laukkanen ym. 2008b, Laukkanen ym. 2009b, Siekkinen ym. 2006). *Y. enterocolitica* esiintyvyys oli korkeampi tavanomaisessa tuotantomuodossa kuin luomutiloilla, samoin tiloilla joilla oli korkea tuotantokapasiteetti ja eläintiheys (Laukkanen ym. 2009b). Eri tutkimuksissa on tilastollisesti todettu riskitekijöiksi kuivikkeiden puuttuminen tai olkien käyttö kuivikkeena, karkearehun puuttuminen tai vesinippon käyttö, mutta nämä tekijät saattavat olla yhteydessä ennemmin tuotantomuotoon tai tuotannon laajuuteen kuin olla riskitekijöitä sinänsä (Laukkanen ym. 2009b). Tavanomainen tuotantomuoto on todettu *Y. enterocolitica* riskitekijäksi myös muualla (Nowak ym. 2006).

Luonnonmukainen tuotanto, tilakoko, kontaktit lemmikkieläimiin, tuhoeläinten pääsy sikalaan ja sikojen ulkoilumahdollisuus todettiin tilastollisesti riskitekijöiksi *Y. pseudotuberculosis* suhteen (Laukkanen ym. 2008b). Sitä vastoin tuhoeläimillä ei todettu olevan yhteyttä korkeaan tilan sisäiseen *Y. enterocolitica* -esiintyvyyteen (Laukkanen ym. 2009b). Sikalan tuotantomäärän kasvamisen yli 500-1 000 sikaan/vuosi on todettu lisäävän patogeenisten yersinioiden esiintyvyyttä (Skjerve ym. 1998, Laukkanen ym. 2008b). Lihasikaloissa yersinia-esiintyvyys on korkeampi kuin yhdistelmäsikaloissa, ja korkein isoilla sikatiloilla, jonne porsaas on ostettu eri sikatiloilta (Skjerve ym. 1998, Niskanen ym. 2008). Eri maissa tehdyissä tutkimuksissa on todettu erilaisia riskitekijöitä, jotka johtuvat erilaisista kasvatuskäytännöistä, mm. rehuantibiootin käyttö, *E. coli* -rokotus, porsaiden ripulikuolleisuus

ja muu tautitilanne sekä liha- tai luujauhon rehukäyttö (Wesley ym. 2008). Tautisuoja ei todettu estävän *Y. enterocolitica* pääsyä sikalaan (Skjerve ym. 1998), mikä viittaa siihen, että ihminen ei toimi pääasiallisena tartunnan välittäjänä.

Ei tiedetä, onko yersinian esiintymisessä siassa Suomessa vuodenaikavaihtelua. Ruotsissa esiintyvyys sianruhoissa oli korkea kesällä (Lindblad ym. 2007), USAssa ja Japanissa talvikuukausina (Bowman 2007). Tutkimusten ja yersinioosin riskitekijöiden vertailua hankaloittaa erot tuotantotavoissa, tutkimusten näytteenottoajankohdassa, näytteiden määrässä ja erilaisten analyysimenetelmien käytössä.

5.1.2 Eläinten kuljetus, vastaanotto ja teurastus

Yersiniakanta, jonka sika on saanut tilalla, kulkeutuu teurastamolle sian mukana, ja siirtyy teurastusprosessissa ruhoon, elimiin ja teurastamoympäristöön (Fredriksson-Ahomaa ym. 2000b, Laukkanen ym. 2008b, Laukkanen ym. 2009b). Siirtyminen on sitä todennäköisempää, mitä korkeampi kannan sisäinen esiintyvyys tilalla on. Laukkanen ym. (2009) tutkimuksessa todettiin, että yersiniaposiitiiviset ruhot olivat peräisin tiloilta, joissa patogeenisen *Y. enterocolitica* O:3:n esiintyvyys oli 33 % tai sitä korkeampi. Yersinia voi levitä sikojen välillä kuljetusautossa ja teurastamossa. Salmonellakontaminaatio voi tapahtua kuljetuksen aikana siasta toiseen 30 minuutissa (Rostagno ym. 2003), ja yersiniat leviävät siasta toiseen todennäköisesti yhtä nopeasti.

Teurastusvaiheessa sianruhossa on eniten yersinioita nielussa, tonsilloissa ja kielessä, lisäksi niitä on maha-suolikanavassa. Taulukossa 8 on esitetty, mikä vaikutus teurastusprosessin eri vaiheilla on yersinioiden leviämisessä.

Taulukko 8. Teurasprosessin vaikutus yersiniakontaminaatioon.

Toiminto	Onko merkittävä kontaminaation kannalta	Kontaminaatioriskin vähentäminen	Viite
Tainnutus, ruhon ripustaminen	Ristikontaminaatio	Laitteiden puhdistus	Nesbakken ja Skjerve 1996
Verenlasku	Kyllä	Oikea pistotekniikka, työskentelyhygieniä	Nesbakken ja Skjerve 1996
Kalttaus	Ristikontaminaatio	Lämpötila-aikayhdistelmä	Borch ym. 1996
Karvominen	Ristikontaminaatio	Laitteiden puhdistus	Bolton ym. 2002
Piiskaus/harjaus/suihku	Ristikontaminaatio	Laitteiden puhdistus	
Peräsuolen irrotus	Kyllä	Peräsuolen sitominen (pussitus)	Nesbakken 1994
Elinten irrotus	Kyllä	Pään erillinen käsittely, kielen ja tonsillojen poisto vasta kun pää on irrotettu ruhosta	Nesbakken 1994, Fredriksson-Ahomaa ym 2001
Ruhon halkaisu	Kyllä	Pään poisto ennen halkaisua, laitteiden puhdistus	Borch ym. 1996
Lihantarkastus	Kyllä	Imusolmukkeiden palpointi ja viiltäminen pois, visuaalinen lihantarkastus	Nesbakken ym. 2003 Alban ym. 2008
Ruhon loppupuhdistus	Kyllä	Hygieniä, höyrypastörointi, pään puhdistus	Gill ja Jones 1997, Minihan ym. 2003
Jäähdytys, leikkaus	Kyllä	Hygieeninen työskentely, päänlihan leikkaus eri pöydällä/eri tilassa, työskentelypintojen ja välineiden pesu ja desinfiointi	Gill ja Jones 1997

Kalttauksessa käytetty lämpötila-aika-yhdistelmä (keskimäärin 6 minuuttia 60 °C) vähentää ruhon pinnan yersiniapitoisuutta useita kertaluokkia (Borch ym. 1996).

Pään poisto ja halkaisu sekä kielen poisto tehdään Suomessa eri teurastamoissa vähän eri tavoin. Kieli ja tonsillat voidaan poistaa elinten oton yhteydessä ennen ruhon ja pään halkaisua. Osassa teurastamoita päätetään ei halkaista lainkaan, vaan pää on ruhosta kiinni kaulanahan varassa, ja se käytetään sivutuotteeksi. Kun elinpaketti poistetaan yhdessä kielen ja tonsillojen kanssa ja ripustetaan elinkoukkuun, yersinia pääsee leviämään saastuttaen elimet (Borch ym. 1996, Fredriksson-Ahomaa 2000, Nesbakken ym. 2003). Pään halkaisun yhteydessä halkaistaan myös tonsilla pharyngica. Jos kieli ja

tonsillat poistetaan vasta sitten, kun pää on irrotettu ruhosta, pienenee tonsilloista peräisin oleva kontaminaatio (Thisted Lambertz 2007a). Vaikka tonsillojen poisto tehtäisiin hyvin huolellisesti, pieni määrä tonsilla palatinan kudosta jää päähän aiheuttaen kontaminaatioriskin (Borch ym. 1996). Myös peräsuolen irrotus on merkittävä yersinian kontaminaatiolähde tavanomaisessa teurastuksessa, mutta pussitustekniikalla työvaihtetta on mahdollista hallita (Nesbakken ym. 1994). Suomessa vain osa teurastamoista pussittaa peräsuolen. Osa niistäkin harkitsee luopuvansa tavasta, koska pussitus teuraslinjassa hidastaa suolipaketin tarkastamista. Osa teurastushygienian asiantuntijoista oli sitä mieltä, että automaattinen teurastuslinja voisi olla vaihtoehto pussitukselle.

Teurastamoympäristöstä, laitteista ja välineistä on eristetty samoja *Y. enterocolitica* genotyypppejä kuin ruhoista ja elimistä (Fredriksson-Ahomaa ym. 2000b). Elinnäytteistä on eristetty myös eri kantoja kuin vastaavan tilan sioista, joten ruhon ja elinten yersiniakontaminaatio voi olla peräisin myös teurastamoympäristöstä (Laukkanen ym. 2009b).

5.1.3 Lihantarkastus

Lihantarkastuksen menettelytavat on kehitetty 1880-luvulla toteamaan tuolloin Euroopassa esiintyviä tauteja, kuten trikinelloosi, tuberkuloosi ja taenioosi. Nämä taudit on kehittyvissä maissa suurelta osin hävitetty.

Lihantarkastus käsittää eläimen tarkastamisen elävänä (ante mortem -tarkastus), ja ruhon post mortem -tarkastuksen, joka käsittää sekä ruhon eri osien silmämääräisen tarkastuksen että tiettyjen elimien ja imusolmukkeiden tunnustelun ja viiltämisen. Yersiniaposiitivisia ja yersinianegatiivisia sikoja ei pystytä tunnistamaan ante mortem eikä post mortem -tarkastuksissa. Alaleuan imusolmukkeiden (Inn. mandibulares) ja emakon utareimusolmukkeiden (Inn. supramammarii) viiltäminen on pakollista (854/2004). *Yersinia* voi levitä ruhoon nielun alueen imusolmukkeiden viiltämisen yhteydessä, veitsien ja tarkastajan käsien välityksellä, samoin pään leikkauksen yhteydessä (Borch ym. 1996, Nesbakken ym. 2003). Ristikontaminaatio voi tulla myös suoliliepeen imusolmukkeista, jotka tietyissä tilanteissa tarkastetaan ja viilletään; Norjassa 8,3 %:ssa niistä todettiin *Y. enterocolitica* O:3 (Nesbakken ym. 2003).

5.1.4 Ruhon loppupuhdistus

Ruhon mekaanisen puhdistuksen merkityksestä ruhon mikrobiologiseen laatuun on erilaisia käsityksiä. Toisaalta Euroopassa katsotaan hygieenisen puhdistuksen riittävän parantamaan ruhon mikrobiologista laatua, toisaalta on esitetty, että dekontaminaatio hygieenisen työskentelyn ohella parantaa

sitä (Bolton ym. 2002, Minihan ym. 2003, Rahkio ja Korkeala 1996). Höyrypastörointi eli ruhon käsittely paineenalaisella vesihöyryllä (95 °C n. 15 sek., käytännössä 75-85 °C 6-12 sek) on käytössä USA:ssa ja Kanadassa, yleisemmin naudan- kuin sianruhoille. Menetelmän lisänä saatetaan käyttää kemikaaleja. Tanskassa osa teurastamoita käyttää ruhon mekaaniseen puhdistukseen höyryllä steriloituvaa tyhjöimuria.

5.1.5 Jäähdytys ja leikkaus

Ruhot on jäähdytettävä teurastuksen jälkeen välittömästi korkeintaan +7 °C lämpötilaan. *Yersinia* pystyy lisääntymään jäähdytyslämpötilassa ruhossa. Jäähdytys- ja leikkausvaiheissa kontaminaation leviäminen on vähäistä, mikäli työskentely on hygieenistä, ja ympäristöstä aiheutuva kontaminaatio estetään pintojen pesun ja desinfektion avulla. Päänlihan leikkauksen tulisi tapahtua erillisellä pöydällä ja mielellään eri tilassa (Borch ym. 1996). Samoilla välineillä ei tulisi käsitellä ruhon muita osia. Elimet ja kieli tulee varastoida erillään ruhoista.

Lihan leikkaaminen ja pakkaaminen kuluttajapakkauksiin suuremmissa yksiköissä vähentää käsittelyä suurkeittioissa ja kotitalouksissa, ja pienentää siten niissä tapahtuvaa ristisaastumista.

Ruhojen asianmukaisen varastoinnin, lastauksen ja kuljetuksen ei ole todettu lisäävän yersiniariskiä, kunhan huolehditaan siitä, että ruhot eivät kosketa toisiaan.

5.2 Kasvikset

Kasviksista tuotetaan Suomessa eniten porkkanaa (v. 2008 60,8 miljoonaa kg) ja toiseksi eniten ruukkuvihannessalaatteja (v. 2008 59,6 miljoonaa kg). Kotimaisen porkkanan ja jäävuorisalaatin on Suomessa todettu aiheuttaneen *Yersinia pseudotuberculosis* -epidemioita (Nuorti ym. 2004, Jalava ym. 2006, Rimhanen-Finne 2008).

5.2.1 Alkutuotanto

Kasvikset voivat kontaminoitua jokaisessa tuotantovaiheessa kasvun, sadonkorjuun, prosessoinnin, pakkaamisen ja varastoinnin aikana (Beuchat ja Ryu 1997, De Roever 1999). Kasvisvälitteisissä ruokamyrkytyksissä voidaan vain harvoin osoittaa jokin yksittäinen vaihe kontaminaation syyksi; usein kasvien ja niistä valmistettujen tuotteiden tuotantoketjussa on useita ongelmallisia vaiheita (De Roever 1999, Doyle ja Erickson 2008).

Maaperää sinänsä ei pidetä kasvien merkittävänä patogeenilähteenä (De Roever 1999). Maaperän mikrobien lajistoon vaikuttaa kuitenkin viljeltävän maa-alueen aiempi käyttö esim. laiduntamiseen, alueellinen villieläimistö ja sen suolistomikrobit, valumavesien pääsy alueelle sekä maanparannustoimenpiteet. Ei-patogeenisia ja patogeenisia yersinioita voi joutua kasvualueen lintujen ja villieläinten ulosteesta sekä kasteluveden tai maanparannusaineen mukana. Vuoden 1998 epidemiassa, jossa välittäjäelintarvikkeeksi todettiin kotimainen jäävuorisalaatti, kontaminaatiolähteeksi epäiltiin kasteluun käytettyä käsittelemättömää pintavettä, joka otettiin luonnonlähteestä, johon villieläimillä oli vapaa pääsy; mahdollisesti myös villieläinten aiheuttamaa suoraa ulostesaastutusta tai pintaveden valumia pellolle (Nuorti ym. 2004). Myös Norjassa on epäilty käsittelemättömän pintaveden käytöllä vihannesten kasteluun olleen yhteys yersiniakontaminaatioon (Johannessen ym. 2002). Maanparannusaine, jonka kompostointi on riittämätön, voi sisältää elintarvikkepatogeenia. Tämänhetkinen tietämys lannan käytön riskeistä kasvien tuotannossa on puutteellista. Eläinperäistä lannoitetta käyttävän (ns. luonnonmukainen viljely) ja tavanomaisen viljelyn välillä ei todettu lannoitteesta aiheutuvia eroja, mutta osassa näistä tutkimuksista eläinperäinen lanta oli kompostoitua tai seisoitettua (Johannessen ym. 2004, Mukherjee ym. 2004, Mukherjee ym. 2006, Loncarevic ym. 2005). Luonnonmukaisessa

viljelyssä maaperän parantamiseen käytetylle, luomueläimistä peräisin olevalle lannalle ei lainsäädännössä ole käsittelyvaatimuksia (834/2007). Suomen peltoalasta on luomutuotannossa noin 6 %. Riittämättömästi kompostoidun lannan käytön ja elintarvikeinfektion välisiä yhteyksiä on kuvattu (Guan ja Holley 2003). Patogeenien elinkyky maaperässä vähenee ajan mittaan; mitä pienempi patogeenipitoisuus on, sitä pienempi on todennäköisyys, että sato kontaminoituu tätä kautta. Juurekset sekä lähellä kasvualustaa kasvavat kasvikset, kuten salaattit, kontaminoituvat helpommin kuin kauempana kasvualustasta kasvavat, kuten tomaatit (Doyle ja Erickson 2008, Guan ja Holley 2003).

Kasvualustasta mikrobit voivat kulkeutua kasviksen sisään tai jäädä sen pintaan. Kasvin kasvun aikaista mikrobin kulkeutumista kasviksen sisään eli internalisaatiota tapahtuu juuriston, rikkoutuneen siemenkuoren ja kasvin fysikaalisten vaurioiden kautta (Solomon ym. 2002). Internalisointimista koskevat tutkimukset on tehty pääasiassa koeoloissa, ja kansainvälisissä julkaisuissa tutkittavat mikrobit ovat olleet *E. coli* 0157 ja salmonella (Zhang ym. 2009, Solomon ym. 2002). *Yersinia enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* on todettu kulkeutuvan sisälle kaalin, herneen, salaatin ja kauran juuriin, siemeniin ja lehtiin ja säilyvän 30 vrk seuranta-ajan; näitä tuloksia ei ole julkaistu kansainvälisesti (Gordeiko ja Shustrova 1990, Litvin ym. 1991). Tällä hetkellä ei ole tietoa siitä, miten patogeenisten yersinioiden internalisaatio tapahtuu todellisissa kasvuoloissa eri lajisilla ja ikäisillä kasviksilla, mitkä seikat vaikuttavat mikrobin kulkeutumiseen syötäviin kasvinosiin ja miten pitkään mikrobit säilyvät elinkyisinä kasvin sisäosissa (Doyle ja Erickson 2008).

Kasteluveden laatu ja oikea kasteluteknikka on tärkeää sellaisten vihannesten viljelyssä, joissa on paljon pinta-alaa, kuten esimerkiksi lehtivihanneksissa. Suihkutus ja

sumuttaminen kontaminoi kasvia enemmän kuin juuriston kastelu. Korkea suhteellinen kosteus suosii mikrobien leviämistä ja säilymistä kasvien pinnalla; toisaalta niiden elinkykyyn vaikuttaa UV-säteily, ravinteiden saanti, kyky tunkeutua kasvin ilmarakoihin ja kasvin luontainen mikrobiekologia.

Hirvieläinten on todettu erilaisissa stressitilanteissa – esimerkiksi sään muutoksissa – erittävän yersinia ulosteessa (Sanford 1995). Suomalaisessa epidemiassa 1998 jäävuorisalaatin kontaminaatioreitti jäi selvittämättä, mutta sato kasvoi alueella, missä hirvet ja peurat pääsivät kulkemaan pelloille ja kasteluveden lähteelle, ja se korjattiin leudon syyssään vaihduttua äkillisesti kylmäksi (Hallanvuori 2009, Nuorti ym. 2004). *Y. pseudotuberculosis* kiertoa ympäristössä ja luonnoneläimissä ei tunneta riittävästi, ei myöskään sitä, miten lämpötila vaikuttaa esimerkiksi kylmässä lisääntyvien kantojen valikoitumiseen luonnonympäristössä.

5.2.2 Sadonkorjuu ja varastointi

Sato voidaan korjata koneellisesti tai käsin. Esimerkiksi juurekset nostetaan naatista suoraan varastolaatikoihin; salaattit voidaan korjata käsin tai leikata veitsellä. Likaiset tai edellisen satokauden jäljiltä puhdistamattomat korjuuvälineet ja -laitteet voivat levittää patogeeneja tehokkaasti (Brackett 1999). Suomessa vuoden 2003 porkkanaepidemian selvityksen yhteydessä todettiin, että pienillä jyrsoilla ja hyönteissyöjillä oli pääsy porkkanavarastoihin (Jalava ym. 2006). Vuoden 2004 porkkanaepidemian selvityksen yhteydessä todettiin identtinen *Y. pseudotuberculosis* -kanta sairastuneista, porkkanoiden pilaantumisnesteestä ja porkkanatilalta pyydytyistä metsäpäästäisistä (Kangas ym. 2008). Pikkujyrsojen ja hyönteissyöjien voivat päätyä varastolaatikoihin nostolaitteen kautta. Suomessa on meneillään tutkimushanke, jossa tutkitaan näiden eläinten osuutta *Y. pseudotuberculosis* epidemiologiassa, mutta hankkeen tulokset eivät ole vielä käytettävissä.

Avomaavihannekset varastoidaan tavallisesti kuution muotoisiin puulaatikoihin, joita käytetään useita varastokausia (Karhula ym. 2004). Laatikot voidaan peittää suojamuovilla, mutta varastoinnin tulee olla ilmava. Vihannekset tulisi jäähdyttää nopeasti mahdollisimman lähelle 0 °C-astetta, ja ne tulisi varastoida 0-4 °C-asteessa. Esimerkiksi porkkanan varastointilämpötilasuositus on 0 °C, mikä edellyttää varastossa olevaa jäähdytyslaitteistoa. Käytännössä porkkanan varastointilämpötila on usein korkeampi. Jos varastolaatikoita ei puhdisteta huolellisesti varastokausien välillä, puiseen laatikkoon jäänyt biologinen aines edesauttaa siinä olevan *Yersinia* -bakteerin rikastumista. Laatikoissa käytettävä hengittävä suojakalvo voisi suojata tuotetta tällaiselta kontaminaatiolta, samoin kuin varastoon noston jälkeen päässeiltä tuhoeläimiltä. Tiivis suoja voi kuitenkin edesauttaa varastotautien puhkeamista, mikä puolestaan saattaa edistää myös patogeenien lisääntymistä (De Roeve ym. 1999, Vanhala 2006).

Kiinan kaalin keskimääräinen varastointiaika Suomessa on 2-3 kk, porkkanan 7-9 kk. Jos osa tuotteista on kontaminoitunut tai kasvipatogeenien pilaama, pitkä varastointi viileässä lisää patogeenisen yersinian lisääntymismahdollisuuksia. Suomalaisessa epidemiassa porkkanoita oli varastoitu ensin tilalla yli 6 kk ja sitten tukkuvarastossa 4 kk (Rimhanen-Finne ym. 2009); toisessa epidemiassa porkkanat olivat edellisen vuoden satoa ja tarjolla toukokuussa (Jalava ym. 2006).

Varastoinnin aikana tulee tehdä kauppakunnostusta. Avomaavihanneksien keskimääräinen varastotappio on 15-30 % (Karhula ym. 2004). Lisääntynyt varastotappio pilaantumisen vuoksi on merkki lisääntyneestä patogeeniriskistä. *E. coli* O157:n, *Listeria monocytogenes* ja salmonellan suhteen on osoitettu, että kasvipatogeenien sairastuttamissa tuotteissa ne lisääntyivät paremmin kuin vaurioitumattomissa kasviksissa (Brandl 2008, Doyle ja Erickson 2008).

Vaikka lisääntymisessä on eroja jopa saman bakteerilajin eri kantojen välillä, niin on mahdollista, että sama ilmiö koskee muitakin patogeeneja, myös patogeenisia yersinioita. Tietoa yersiniakontaminaation säilymisestä kasvien kylmävarastossa on tällä hetkellä niukasti. Epidemiaselvitysten yhteydessä epidemian aiheuttaneen *Y. pseudotuberculosis* -kannan on todettu säilyneen porkkanavarastossa (mullassa tai lattiapinnalla) yli 2 kk (Jalava ym. 2006, Halanvuori 2009).

5.2.3 Kasvien prosessointi ja varastointi

Kasvien sadonkorjuun jälkeinen käsittely vaihtelee, myös tuotevalikoiman sisällä. Osa tavarasta varastoidaan, osa menee prosessoitavaksi, osa pakataan lajittelun ja puhdistuksen jälkeen suoraan jakeluun. Prosessointi voi käsittää trimmausta (kaupunkuntoon saattamista), pesua, kuorintaa, paloittelua tai raastamista, veden poistoa tai pakkaamista. Nämä tapahtumat voivat olla eri aikajärjestyksessä.

Jos tuoretuotteessa on patogeenisia bakteereita, ne tulevat tuotteen mukana käsittelylaitokseen. Tuotteen käsittelyn yhteydessä bakteerit voivat siirtyä laitoksen pinnoille, laitteisiin ja kasvien pesuveteen ja saastuttaa koko erän tai seuraavia eriä. Pienikin määrä saastunutta raaka-ainetta pystyy levittämään mikrobikantun isoon tuotemäärään. Prosesseissa käytettävät laitteet, erityisesti niiden sisäosat, terät, raastimet ja lingot voivat olla hankalasti puhdistettavia ja kontaminaatio voi jäädä niihin (Kaneiko ym. 1999).

Paloittelu ja raastaminen edesauttavat mikrobien lisääntymistä ja leviämistä koko käsiteltävään erään (Robins-Browne 1997). Paloittelussa kasvissolukon ravinteita vapautuu mikrobien käyttöön. Paloittelua ei voi tehdä steriilisti tai edes niin, ettei tuotteen mikrobiologinen tila muuttuisi. Pilko-
tun tai raastetun tuotteen säilytys kylmässä

edesauttaa enteropatoogien yersinioiden rikastumista.

Mikrobit voivat tunkeutua kasviksen sisäosiin, kun pesuvien lämpötila on alhaisempi kuin kasviksen (Zhuang ym. 1995, FDA 2008). Siksi FDA suosittelee, että pesuvien lämpötila olisi 10 F (12,2 °C) korkeampi kuin kasviksen. Pesu ei vaikuta kasviksen sisällä oleviin mikrobeihin. Huuhdeltelu kylmällä vedellä sadonkorjuun jälkeen edesauttaa salaattien säilyvyyttä. Ei ole tutkittu, liittyykö vesijäähdytykseen mikrobien internalisaatoriskiä.

Kasvien prosessointiviedessä käytetään mm. klooriyhdisteitä, esimerkiksi hypoklooritteja vähentämään patogeeneja mikrobeja. Niitä ei kuitenkaan pidetä tehokkaina ehkäisemään patogeeneja kasviksista (Beuchat ja Ryu 1997). Porkkanan luontaisen mikrobiston on todettu estävän *Y. enterocolitica* kasvua, ja *Y. enterocolitica* on kasvanut paremmin natriumhypoklooriitilla käsitellyn kuin käsittelemättömän porkkanan pinnalla (Liao 2007). Klooriyhdisteillä onkin merkitystä lähinnä pesuvien desinfioimisessa, eli pesuvien kautta tuleva kontaminaatio vähenee. Vastaava vaikutus kasvien pesuveteen on todettu olevan otsonoinnilla, mutta otsonoinnin vaikutusta kasvien käsittelyprosesseissa ei vielä tunneta riittävästi (Selma ym. 2008). Desinfektioaineiden käytön haittapuoli on, että kun ne tuhoavat patogeenin kanssa kilpailevan kasviksen luontaisen mikrobiston, ne pikemminkin edesauttavat patogeenien elinmahdollisuuksia.

5.2.4 Kuljetus ja kauppa

Jos tuotekuljetukset tapahtuvat asianmukaisesti, kasvikset erillään tuoreesta lihasta, ja kuljetuksen aikainen jäähdytys ja ilmastointi ovat kunnossa, kuljetus ei aiheuta kontaminaatoriskiä (Brackett 1999). Myös vähittäismyyntivaiheella katsotaan olevan vähäinen merkitys, kun tuotteita käsitellään asianmukaisesti.

6.3 Maito

Raakamaidossa voi esiintyä yersiniabakteereita, mutta yleensä ne ovat ei-patogeenisiä kantoja. *Yersinia* tuhoutuu maidon pastöroinnissa. Juuston kypsyamisprosessissa yersinian pitoisuus voi aluksi kohota, mutta kypsymisen edetessä se laskee alle toteamisrajan (Bachmann ja Spahr 1995, Schiemann 1978). Epidemioissa, joissa aiheuttajaelintarvike on ollut maito tai maitopohjainen tuote, kontaminaatio on tapahtunut maidon pastöroinnin jälkeen (Ackers ym. 2000, Barrett 1986, Black ym. 1978).

Suomen suurimmissa utaretulehduslaboratorioissa patogeenisiä yersinioita ei ole eristetty utaretulehdusnäytteistä.

Raakamaidon tai raakamaidosta valmistettujen tuotteiden nauttimisen ja yersinioosin välisen syy-yhteyden arvioimiseksi ei ole katsottu olevan riittävästi tietoa; joko sen takia että yhteyttä ei ole tutkittu riittävästi, tai siksi, että niiden nauttiminen vain harvoin johtaa sairastumiseen (Jaros ym. 2008).

6 Kuluttajan käyttäytyminen

Kuluttaja arvioi elintarvikkeen kelpaavuutta syötäväksi aistinvaraisesti. Patogeeniset yersiniat eivät välttämättä aiheuta elintarvikkeeseen aistinvaraisia muutoksia. Patogeenisia mikrobeja sisältävän elintarvikkeen käsittely ruuanvalmistuksen yhteydessä voi suurtaloudessa ja kotikeittiössä aiheuttaa ristisaastumista sekä suoraan toiseen elintarvikkeeseen, jota ei enää kypsennetä, että epäsuorasti saastuttamalla kädet, käsittelypinnat ja työvälineet. Myös prosessoidun tuotteen pitkä kylmäsäilytysaika mahdollistaa kylmässä lisääntyvien enteropatogeenisten yersinioiden lisääntymisen tuotteessa. On arvioitu, että kuluttaja vaikuttaisi omalla toiminnallaan elintarvikevälitteisen infektion syntymiseen jopa 40-60 %:ssa tapauksia (De Jong ym. 2008). Ongelmakohtaksi on todettu jääkaapin liian korkea lämpötila ja se, että käsiä ei pestä, kun aloitetaan ruoanlaitto, siirrytään raaka-aineesta toiseen tai raa'an tuotteen käsittelystä kypsän tai kypsentämättä nautittavan tuotteen käsittelyyn (Fischer ym. 2007, Marklinder ym. 2004, Byrd-Bredbenner ym. 2007).

Koska yersiniat pystyvät kasvamaan jääkaappilämpötiloissa sekä elintarvikkeessa että kaapin pinnoilla, on mahdollista, että ne pystyvät suotuisissa olosuhteissa (ts. likaisessa) lisääntymään jääkaapissa sellaiseen pitoisuuteen, jolla on kliinistä merkitystä, ja voivat jääkaapissa siirtyä elintarvikkeeseen. Tällöin kuluttajariski on suu-

rin erityisesti sellaisenaan syötävissä, pitkään säilytettävissä elintarvikkeissa, joita ei kuumenneta ennen nauttimista (Jackson ym. 2007). Irlannissa kotijääkaapeista 0,6 %:ssa eristettiin suoraviljelyssä alustava (biokemiallisesti tyyppitetty) *Y. enterocolitica* (Jackson ym. 2007).

Tavanomainen käsienpesu ja leikkuulaudan tiskaaminen tai huuhtelu ei estä käsi- tai leikkuulaudan välityksellä tapahtuvaa ristikontaminaatiota (De Jong ym. 2008). Uudessa Seelannissa 41 % haastatelluista käytti veistä ja 28 % työskentelypintaa tavalla, joka suosi elintarvikkeen ristikontaminoitumista (Gilbert ym. 2007).

Kuluttajatutkimuskeskus on tehnyt kyselytutkimuksen suomalaisen kuluttajan toimintatavoista kotikeittiössä (Piiroinen ja Järvelä 2006). Yli puolet tutkimukseen osallistuneista ilmoitti pesevänsä ja kuivaavansa käteensä huolellisesti ennen ruuan laittoa ja multakasvisten käsittelyn jälkeen. Vastaajista 61 % arvioi lipsuvansa ainakin joskus työskentelyhygienian tiukasta noudattamisesta, 39 % ilmoitti että ei aina käytä erillisiä leikkuuautoja lihalle ja muille elintarvikkeille, 39 % ilmoitti että ei juuri osta elintarvikkeita, joiden hinta on alennettu viimeisen käyttöajankohdan ollessa lähellä, ja 41 % ei yleensä käytä viimeisen käytöpäivämäärän ylittäneitä tuotteita, vaikka ne aistinvaraisesti vaikuttaisivat hyviltä. Jääkaapin lämpötilaa ilmoitti tarkkailevansa

erityisen huolellisesti erillisen mittarin avulla 18 % vastaajista. Suomessa kotijääkaappien lämpötila on ollut keskimäärin +5,4 °C (vaihteluväli +2,3-+9,4 °C, Virtanen 2001).

Vaikka kuluttaja olisikin perillä elintarvikkeiden turvallisesta käsittelystä, hän voi toimia käytännössä toisin (Fisher ym. 2007, McCarthy ym. 2007, Piironen ja Järvelä 2006). Kuluttajista 96 % tiesi, että kasvisten syöminen on turvallista, kun ne on ensin huuhtottu juoksevalle vedelle (McCarthy ym.

2007). Kuitenkin kuluttaja voi luulla, että luomutuotetta ei tarvitse pestä, koska sitä ei ole käsitelty esim. torjunta-aineilla (Leifert ym. 2008). Irlannissa 25 % haastatelluista piti käsien huuhtelua kylmällä vedellä raan lihan käsittelyn jälkeen yhtä hygienisenä toimenpiteenä kuin pesua saippualla ja lämpimällä vedellä (McCarthy ym. 2007). Kuluttajista, jotka tiesivät miten ristikontaminaatiota voi välttää, 40 % valmisti ruokaa niin, että valmis ruoka ja raaka lihasneste olivat suorassa kosketuksessa (Fisher ym. 2007).

7 *Yersinian* aiheuttamien ruokamyrkytysten taloudelliset vaikutukset

Tärkeimmät elintarvike-epidemiaista aiheutuvat kustannukset kertyvät sairastuneiden hoidosta, työstä poissaolosta ja/tai työkyvyn alenemisesta, epidemian selvitystyöstä ja elintarvikeyritysten tappiosta alentuneen menekin vuoksi (STM 1997). Suomessa ei ole tehty kattavia selvityksiä näistä kustannuksista. Asiantuntija-arvioiden mukaan maassamme sairastuu elintarvike- ja vesiepidemiaissa vuosittain noin puoli miljoonaa ihmistä (Niemi ym. 1997, MMM 2006). On arvioitu, että se maksaa yhteiskunnalle vuosittain noin 85 miljoonaa euroa (Niemi ym. 1997). Yhteiskunnalle ja yksilölle aiheutuvien kustannusten määrittely tilastojen perusteella on kuitenkin epävarmaa, koska vain osa sairastumisista tilastoidaan. Myös lievien tapauksen kansantaloudellinen merkitys on merkittävä mm. menetettyinä työpäivinä (Kilpeläinen ym. 2004).

Yersinioosin kustannukset aiheutuvat lääkärissä käynneistä, sairaalahoidosta, töistä poissaolosta, sairastuneiden lasten vanhempien töistä poissaolosta ja jälkitaudeista. Lisäksi kustannuksia tulee saastuneen elintarvikkeen valmistaneelle ja välittäneelle yritykselle. Jälkitaudit voivat nostaa *yersinioosin* aiheuttamia kustannuksia huomattavasti, samoin umpilisäkkeen tulehdukseksi diagnosoitu ja operoitu tapaus. Vuoden 1998 epidemiassa 47 sairastuneesta 34 % oli sairaalahoidossa keskimäärin 3 vrk, vii-

delle tehtiin umpilisäkkeen poisto, 12 % sai jälkitautina reaktiivisen artriitin ja yksi sairastuneista kuoli (Nuorti 2004). Taudin kesto oli keskimäärin 17 vrk, 8 %:lla sairastuneista oireet kestivät yli 36 vrk. *Salmonellan* aiheuttaman raportoidun sairastapauksen keskiarvohinnaksi on arvioitu 554 €, kun taudin aiheuttaman kuoleman kustannuksia ei oteta huomioon; 589 €, kun nämä kustannukset otetaan huomioon; ja 222 €, kun mukaan otetaan myös tilastojen ulkopuolelle jäävät tapaukset (Kangas ym. 2007).

Ruotsissa laskettiin vuosien 1999-2000 perusteella (26 sairastapausta), että yksi sairaustapaus maksoi noin 20 000 € (17 438 kr v. 1999 hintatasossa), jos välilliset kustannukset otettiin huomioon, ja noin 790 € (7 504 kr v. 1999), jos vain suorat kustannukset laskettiin. Epidemiasta aiheutui keskimäärin 42,1 poissaolopäivää töistä, 2,6 lääkäriä käyntiä ja 1,5 sairaalapäivää sairastunutta kohti (Thisted Lambertz 2007a).

Norjassa on arvioitu vuosien 1988-1990 *yersiniatapausten* perusteella, että 275 sairastumista vuodessa aiheuttaisi vähintään 5 681 sairauspäivää, 316 sairaalapäivää, 493 lääkärin konsultaatiota ja 1 197 poissaolopäivää töistä. Jos jälkitaudit otetaan huomioon, kertyisi vuodessa 9 535 sairauspäivää ja 2 858 menetettyä työpäivää (Anon.1).

8 Riskinhallintatoimenpiteet

Vaikka mikään maa ei tietävästi ole asettanut tavoitetasoa patogeenisten yersinioiden esiintymiselle elintarvikeketjussa, ovat sekä lainsäätäjät että toimijat nähneet tarpeelliseksi kehittää menettelyjä, joiden avulla yersinia voidaan hallita tuotantoketjussa suoraan tai epäsuorasti.

8.1 Lainsäädännön edellyttämät riskinhallintatoimenpiteet

Ruokamyrkytykset

Yersiniat ovat zoonoosidirektiivin (2003/99/EY) mukaan sellaisia zoonootartuntoja, joita seurataan epidemiologisen tilanteen perusteella. Evira ylläpitää ruokamyrkytys-epidemiarekisteriä, johon kerätään kuntien elintarvikevalvontaviranomaisten ilmoitusten perusteella tiedot ruokamyrkytys-epidemiaista (**Elintarvikelaki 23/2006 §83, STMas 251/2007 §17**). Elintarvikelain mukaan kunnan on varauduttava erityistilanteisiin, ja laki mahdollistaa myös pakkokeinojen käytön.

Ilmoitukset ihmisten yersinioositapauksista

Tartuntatutiasetuksen (786/1986) mukaan yersiniatapauksesta on tehtävä tartuntatauti-ilmoitus valtakunnalliseen tartuntatautirekisteriin. Ruokamyrkytyspäilyistä tehdään selvitysilmoitus Eviralle. Menettely on kuvattu kohdassa 5.

Kuukausi-ilmoitukset eläintaudeista

Maa- ja metsätalousministeriön päätöksessä vastustettavista eläintaudeista ja eläintautien ilmoittamisesta (**MMMp 1346/1995**) on lueteltu taudit, jotka on viipymättä ilmoitettava eläinlääkintäviranomaiselle. *Y. enterocolitica* kuuluu lakisääteisesti kuukausittain ilmoitettaviin tarttuviin eläintauteihin, samoin *Y. pseudotuberculosis* silloin, kun se esiintyy muissa eläimissä kuin jäniksissä, kaneissa tai jyrsijöissä.

Alkutuotanto

MMM asetuksessa alkutuotannolle elintarviketurvallisuuden varmistamiseksi asetettavista vaatimuksista (**MMMAs 134/2006**) säädetään mm. seuraavaa.

- Teurastamolle on toimitettava tieto elintarviketurvallisuuteen vaikuttavien eläinten sairauksien esiintymisestä alkutuotantopaikalla, eläinten terveydentilasta ja edeltävien ante mortem- ja post mortem -tarkastusten tuloksista, elleivät tiedot ole teurastamon tiedossa muun järjestelmän kautta.
- Alkutuotannon tuotteiden kastelussa, puhdistamisessa ja jäähdyttämisessä sekä alkutuotantopaikan pintojen, laitteiden ja välineiden puhdistamiseen ja huuhtelun käytettävän veden on oltava puhdasta.
- Kasvien ja sienten sellaisenaan syötävien osien suoraan kasteluun saa käyttää vain sellaista vettä, josta on tutkittu vähintään *E. coli* ja suolistoperäiset en-

terokokit; luonnon pintavesistä lisäksi syanobakteerit. Kasvin elintarvikkeeksi tarkoitettujen osien puhdistamiseen ja jäädyttämiseen saa käyttää vain vettä, josta on tutkittu vähintään *E. coli* ja suolistoperäiset enterokokit.

Omaavalvonta

Elintarvikkeita valmistavan laitoksen on laadittava kirjallinen omaavalvontasuunnitelma, jonka tarvittaessa hyväksyy valtion tai kunnan valvontaviranomainen (**Elintarvikelaki 23/2006**). Valvontasuunnitelmaa on noudatettava. Elintarvikealan toimijan on kustannuksellaan huolehdittava siitä, että elintarvikehuoneistossa työskentelevillä henkilöillä, jotka käsittelevät helposti pilaantuvia pakkaamattomia elintarvikkeita, on hygieniosaamistodistus, ns. hygieniapassi (**Elintarvikelaki 23/2006, STMas1115/2001**).

Omaavalvonnan suunnitteluun on Elintarviketeollisuusliiton, valvontaviranomaisten ja alan yritysten yhteishankkeena laadittu HACCP-pohjaiset ohjeet eri elintarviketeollisuuden toimialoille (www.etl.fi). Toimialakohtaiset ohjeet sisältävät omaavalvonnan vaatimukset ja mikrobiologisten, fysikaalisten ja kemiallisten vaarojen arvioinnin ja hallinnan esimerkkiprosesseineen.

Teurastamot ja leikkaamot

Teurastamoille ja leikkaamoille asetetuista laitosvaatimuksista ja teurastushygieniaa säädetään MMM asetuksessa **37/EEO/2006** (asetus eläimistä saatavien elintarvikkeiden elintarvikehygieniasta). Eläinperäisiä elintarvikkeita koskevista erityisistä hygieniasäännöistä säädetään hygieniasäätöasetuksessa (**853/2004**). Yersinian leviämisen ehkäisylle oleellisia vaatimuksia ovat seuraavat.

- Jos eri eläinlajeja teurastetaan samaan aikaan, on sian teurastukselle oltava oma osasto.
- Naudan teurastuksessa peräsuoli on suojattava huolellisesti ennen suolistusta.

- Sian teurastuksessa peräsuoli on irrotettava ympäröivästä kudoksesta ja huolehdittava, ettei ruho saastu.
- Sian teurastuksessa irrotettaessa kurkunpäästä ja nielua käytetään sellaista työtapaa, että nielurisat jäävät mahdollisimman ehjinä sisäelimiin kiinni.
- Jos käsineitä käytetään punaisen lihan teurastamossa teurastuslinjassa ennen lihantarkastusta, on käsineiden oltava sellaiset, että ne voidaan puhdistaa työn aikana. Teräsverkko- ja viiltosuoja-käsineet on suojattava pestävällä käsineellä. Nahkakäsineitä ei saa käyttää käsiteltäessä suojaamatonta lihaa.
- Sisäelimiä ei saa ripustaa ruhoon. Jos elimiä siirretään ruhon yhteydessä, ne eivät saa saastuttaa ruhoa.
- Teurastamoissa on oltava joko mahdollisuus desinfioida välineet kuumalla vedellä, jonka lämpötila on vähintään 82 °C, tai jokin vaihtoehtoinen järjestelmä, jolla on vastaava vaikutus.

Lihantarkastus

Eläimistä saatavien elintarvikkeiden valvonta-asetuksessa (**854/2004**) säädetään lihantarkastuksesta. Lihantarkastus käsittää eläimen tarkastamisen elävänä (ante mortem tarkastus), ja ruhon post mortem -tarkastuksen, joka käsittää sekä ruhon eri osien silmämääräisen tarkastuksen, että tiettyjen elimien ja imusolmukkeiden tunnustelun ja viiltämisen. Imusolmukkeista alaleuan imusolmukkeiden (Inn. mandibulares) ja emakon utareimusolmukkeiden (Inn. supramammarii) on pakollista. Toimivaltainen viranomainen voi teuraseläimiä lähettävästä tilasta saamiensa tietojen perusteella päättää, että lihasioille, joita on pidetty vierottamisesta asti hallituissa kasvatusolosuhteissa integroiduissa tuotantojärjestelmissä, voidaan tehdä vain silmämääräiset tarkastukset.

EY:n mikrobikriteeriasetuksessa (**2073/2005**) säädetään, että sian ja naudan teurastuksen prosessihygieniaa tulee seurata määrittä-

mällä ruhosta aerobisten mikro-organismien pesäkeluku ja enterobakteerit.

Maidon käsittely

Raakamaidon ja ternimaidon käsittelyvaatimuksista säädetään EY:n asetuksessa elintarvikehygieniasta (**852/2004**). Käsittelyn on oltava kansainvälisesti hyväksytyn standardin mukainen (pastörointi, iskukuumenus, sterilointi).

RASFF

Evira on Suomen kansallinen yhteyspiste vaarallisten elintarvikkeiden ja rehujen varalta kehitetyssä kansainvälisessä RASFF -järjestelmässä (**178/2002**), jossa ovat mukana EU:n jäsenvaltiot, komissio ja EFSA. Järjestelmän avulla jäsenvaltioille voidaan nopeasti tiedottaa ihmisen terveydelle elintarvikkeista tai rehuista aiheutuvasta vakavasta välittömästä tai välillisestä riskistä. Järjestelmän kautta tieto menee myös EFTA-maille ja niille kolmansille maille, joiden tuotteista hälytysilmoitus on tehty.

Lisäaineet, säteilytys

Myös lisäaineiden käytöstä ja säteilyttämisestä on säädöksiä (**1333/2008, KTMas 852/2000**). USAssa on hyväksytty säteilytyksen käyttö käytettäväksi salaateille ja pinaateille. Suomessa saa säteilyttää, myydä ja tuoda maahan säteilytettynä vain kuivatuja mausteyrtejä, mausteita ja maustekasveja (**KTMas 852/2000**).

8.2 Muut riskinhallintakeinot

Ostotoiminnassa tulee tuntea tuotantoketjun aiemman vaiheen menettelytavat ja todeta, että ne ovat hyväksyttävät. Vaatimuksia voi kirjata esimerkiksi ostosopimuksiin.

Tilataso

Yersinian esiintyvyyden alentaminen tiloilla, joilla sitä on runsaasti, vähentää ruho-kontaminaatiota teurastamalla (Laukkanen 2009). Tartuntapainetta voidaan vähentää ylläpitämällä hyvää hygieniää, pitämällä eri

ikäiset siat erillään ja ostamalla saman kasvatuserän siat samasta paikasta.

Norjassa on yersinian esiintyvyyttä sikaloissa alennettu vähentämällä yhteyksiä infektioituneiden ja infektoitumattomien karjojen välillä. Täten on saatu aikaan yersiniasta vapaita sikaloita, mutta käytetty järjestelmä on kallis. Se edellyttää matalaa esiintyvyyttä ja karjojen serologisen tilanteen seurantaa (Nesbakken ym. 2007).

Teurastus ja lihan tarkastus

Teurastusprosessin kriittiset vaiheet yersinian kannalta ovat pään, tonsillojen ja peräsuolen poisto. Pään irrottaminen kokonaisuutena mahdollisimman varhaisessa teurastusprosessin vaiheessa ja käsitteleminen eri linjalla, sekä peräsuolen pussittaminen vähentävät yersinian siirtymistä sioista ruhoihin ja elinpakettiin (Thisted Lambertz 2007a, Nesbakken ym. 1994, Ranta ym. painossa). Ruotsissa, Norjassa ja Tanskassa todettiin näiden toimenpiteiden osaltaan vaikuttaneen ihmisten yersiniatapausten selvään vähenemiseen (Thisted Lambertz 2007a). Lihantarkastuksessa yersiniaposiitiivisen sian submaksillaaristen imusolmukkeiden viilto levittää yersinia-kontaminaatiota. Tämä leviäminen estyy visuaalisessa lihan tarkastuksessa. Lainsäädäntö ei estä visuaaliseen lihan tarkastukseen siirtymistä integroiduissa tuotantojärjestelmissä, joissa on hallitut kasvatusolosuhteet.

Höyrypastörointi vähentää salmonellan, *Y. enterocolitica*, *E. coli* O157:n ja *Listeria monocytogenes*in pitoisuutta ruhon pinnalla vähintään kymmenesosaan (Sofos ym. 1999, Bryant ym. 2003), mutta toisaalta se voi luoda patogeeneille (*L. monocytogenes*) otollisen lisääntymismahdollisuuden kilpailevan mikrobiston tuhoutuessa (Coran-tin ym. 2005). Asetuksen 853/2004 artiklan 3 mukaan juomakelpoisen tai puhtaan veden käyttö on sallittua pintakontaminaation poistoon eläinperäisistä tuotteista. Vesi-höyryn käytön sovellustekniikkaan liittyy kuitenkin laajempia tuotantohygienisiä ky-

symyksiä, joten asia on EU:n komission ja jäsenmaiden käsittelyssä. Ruhon pesu käytäen kemikaaleja on periaatteessa sallittua (853/2004), mutta tähän tarkoitukseen ei EU:n alueella ole toistaiseksi hyväksytty aineita.

Sekä teurastus- että lihan tarkastusvaiheessa pitää veitset dekontaminoida joka ruhon välillä tai käyttää kahden veitsen työskentelytapaa siten, että toinen veitsi on koko ajan 82 C-asteisen juoksevan veden alla, ja veistä vaihdetaan aina kontaminaatioriskivaiheen jälkeen (Borch ym. 1996).

Ristikontaminaatio

Ruuanvalmistuksen yhteydessä ristikontaminaatiota estetään varaamalla tuoreen lihan ja kypsentämättä syötävien elintarvikkeiden käsittelyyn erilliset leikkausalustat, joita ei käytetä muiden tuotteiden käsittelyyn (de Jong ym. 2008). Tuoreen lihan käsittelyn jälkeen kädet tulee pestä huolellisesti saippualla. Siirryttäessä käsittelemään muita elintarvikkeita työvälineet (veitset ym.) on joko vaihdettava toisiin tai tiskattava huolellisesti käyttäen kuumaa vettä ja pesuainetta. Sekä käsien että välineiden pesuajan tulee olla riittävän pitkä – suositeltava aika on vähintään 20 sekuntia (www.evira.fi). Tuoreen lihan ja kypsentämättä nautittavien tuotteiden välillä ei saa olla käsi- eikä välinekontaktia.

Porkkanan käsittely

Evira on antanut suosituksen toimenpiteistä *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin esiintymisen vähentämiseksi kotimaisissa porkkanoissa (Anon.6 2009).

- Viljelijöiden ja varastojien tulee tarkkailla porkkanoiden pilaantumista varastoinnin aikana ja mahdollisuuksien mukaan poistaa pilaantuneet porkkanat.
- Pilaantuneet porkkanat tulee poistaa muiden porkkanoiden joukosta ennen porkkanoiden pesua, kuorimista, raastamista, pakkaamista tai muuta käsittelyä. Porkkanoiden pesussa on käytettävä runsaasti puhdasta vettä. Pestyt ja

kuoritut porkkanat tulee huuhdella puhtaalla vedellä ennen pakkaamista.

- Porkkanaa jalostavien elintarvikehuoneistojen tulee seurata *Y. pseudotuberculosis* esiintymistä tuotantoympäristössä (elintarvikkeiden kanssa suoraan kosketukseen joutuvat pinnat) säännöllisellä näytteenotolla vuosittain tammikuusta eteenpäin niin kauan, kuin kotimaista, edellisen sadon porkkanaa on käytössä.
- Edellisen vuoden raakaa porkkanaa ei saa sekoittaa kokonaisena, raasteena eikä pilkottuna uuden sadon porkkanan joukkoon.
- Pestyä ja/tai kuorittua porkkanaa raaka-aineena käyttävän tulee aina pestä ja kuoria porkkanat uudelleen ennen käyttöä, mikäli ne on tarkoitus tarjota kypsentämättömänä joko kokonaisena, raasteena tai salaateissa.

Eviran ohjeessa 10501/1 (Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaatimukset, komission asetuksen (EY) No 2073/2005 soveltaminen. Ohje elintarvikealan toimijoille, Anon.7 2009) suositellaan, että elintarvikehuoneistossa, jossa käytetään edellisen vuoden porkkanaa raasteiden raaka-aineena, tutkitaan *Y. pseudotuberculosis* tuotantoympäristönäytteistä (laitteet, kuljettimet ja työasot) kerran viikossa tuotantomäärän ollessa vähintään 0,5 milj. kg/vuosi, ja joka toinen viikko tuotantomäärän ollessa alle 0,5 milj. kg/vuosi.

Laatutarha-ohjeisto

Kotimaiset kasvukset ry on laatinut suomalaisen puutarhantuotannon yhteisen laatutarha-ohjeiston (Anon.8 2007). Sen noudattaminen on pakollista yrityksille, jotka ovat tehneet sopimuksen puutarha-alan kotimaisuusmerkin käytöstä. Ohjeissa on sekä pakollisia vaatimuksia että suosituksia. Pakollisia vaatimuksia ovat mm. seuraavat.

- Jos peltolohkoon on levitetty yhdyskuntalietettä, siinä voidaan viljellä kasvusia aikaisintaan viiden vuoden kuluttua lietteen levityksestä.

- Kompostoimatonta karjanlantaa ei saa käyttää syötävillä tuotteilla viljelyvuonna. Kompostoitua lantaa voidaan käyttää syötävien tuotteiden lannoitukseen viljelyvuoden keväänä.
- Tilalla, tuotevarastoissa ja pakkaamossa huolehditaan tuhoeläintorjunnasta. Varastossa ylläpidetään olosuhteita, jotka edesauttavat tuotteiden pitkäkestoisia-kin varastointiaikoja.
- Tuotteiden kanssa kosketuksissa olevat laitteet ja pinnat ja pakkaamotilat puhdistetaan säännöllisesti.
- Kasvien hoito- ja sadonkorjuutyökalut desinfioidaan säännöllisesti.
- Kotieläinten pääsy pakkaamotilaan estetään.
- Tuotannon tulee olla jäljitettävää.

Pakollisiin vaatimuksiin sisältyy myös lain-säädännön vaatimus kasteluveden, pesu-ve-sien ja jäädyttämiseen tarkoitetun veden soveltuvuudesta. Laatutarha-ohjeistossa on myös ohje porkkanan säilyvyyden testaukseen. Säilyvyystesteihin otetaan eri porkkanaeristä 5 kg:n näytteitä muovisäkkiin ja säilytetään +10 °C:ssa kuuden viikon ajan. Jos porkkanoihin tulee runsaasti tautioireita, ne on myytävä mahdollisimman nopeasti. Ohjeessa suositellaan myös, että jos kaup-

pakunnostettavien porkkanoiden mukana on paljon pilaantuneita porkkanoita, niistä on syytä lähettää näyte asiantuntevaan laboratorioon *Y. pseudotuberculosis* -bakteerin esiintymisen selvittämiseksi.

Tiedon lisääminen

Patogeenisten yersinioiden esiintymisen elintarvikeketjussa ja kontaminaation esto ei välttämättä ole ammattilaisillekaan selvää. Sekä elintarviketyöntekijöille että kuluttajille tulee elintarvikeriskeihin liittyvä tieto tarjota kohderyhmän mukaan. Kuluttaja ei helposti muuta käyttäytymistään yleisellä asiantuntijatiedon lisäämisellä (Piironen ja Järvelä 2006). Eri maiden viranomaisten ja järjestöjen internet-sivuilla on havainnollisia tietoisukuja sekä ammattilaisille että kuluttajille, myös lapsille. Useissa maissa on esimerkiksi huolellisen käsienpesun vaatima aika ohjeistettu niin, että käsiä saippuotaessa pitää ehtiä laulaa laulu "happy birthday to you". Myös mikrobien leviämistä käsistä ympäristöön tai maaperästä kasviksiin on esitetty konkreettisesti. Vastaavia täsmätietoiskuja ristikontaminaation estämisestä voitaisiin toteuttaa myös Suomessa; meillä on lähinnä käsienpesuohjeistusta eri viranomaisten ja järjestöjen internetsivuilla.

9 Johtopäätökset

Suomalaiset ovat kudostyyppinsä takia suhteellisen alttiita yersinioiden aiheuttamille jälkitaudeille. Suomalainen sika toimii patogeenisten yersinioiden reservuaarina. Tartuntojen kotimaisuusaste vaikuttaa kuitenkin olevan matalampi kuin aiemmin on arvioitu.

Elintarvikkeiden ihmisille aiheuttaman riskin suuruutta ei tällä hetkellä ole mahdollista arvioida. Jotta riskiä voitaisiin arvioida edes karkealla tasolla, tarvitaan lisää tietoa yersinioiden virulenssista, esiintyvyydestä ja pitoisuudesta eri elintarvikkeissa, ristisaastumisesta teurastamossa, leikkaamolla, kasvien käsittelylaitoksissa ja keittiössä sekä annosvasteesta. Enteropatogeenisten yersinioiden esiintyvyyden selvittämiseksi tarvitaan riittävän herkkiä analyysimenetelmiä, jotka osoittavat niiden kaikki elävät patogeeniset serotyypit pieninäkin pitoisuuksina.

Suomessa on tutkittu sian peräsuolen pussittamisen vaikutusta yersinioiden esiintymiseen ruhossa. Tuloksia ei ole vielä julkaistu. Muista maista on kuitenkin tutkimustietoa, että pussitusmenetelmä perinteisen teurastuksen yhteydessä vähentää ruhon yersiniakontaminaatiota. Myös automaattisen teurastustekniikan mahdollinen vaikutus ruhon yersiniakontaminaatioon tulee selvittää.

Koska *Y. enterocolitica* ja *Y. pseudotuberculosis* ekologialla on erilainen ja niiden torjunta tilatasolla saattaa vaatia eri-

laisia toimenpiteitä, tarvitaan kattavaa tietoa käytännön riskinhallintatoimenpiteiden vaikutuksesta esiintyvyyden alenemiseen.

Y. pseudotuberculosis ekologialla kasviksissa ei vielä tunneta kovin hyvin. Lisätietoa tarvitaan mm. siitä, miten yersinian internalisaatio tapahtuu todellisissa kasvuolosuhteissa eri kasviksilla, mitkä seikat vaikuttavat mikrobin kulkeutumiseen syötäviin kasvinosiin, miten pitkään mikrobit säilyvät elinkykyisinä kasvin sisäosissa ja mikä merkitys sadonkorjuun ajankohdalla ja varastointiolosuhteilla on.

Ilmastonmuutokseen liittyvät asiat, esimerkiksi energian säästö, tulevat vaikuttamaan myös elintarvikkeiden valmistusprosesseihin. Tarvitaan tietoa, lisäävätkö ympäristöystävälliset prosessointitavat ja säilyvyysaika pidentävä teknologia yersinialle suotuisia lisääntymisolosuhteita.

Liha- ja maitotuotteiden osalta yersiniä voidaan ehkäistä kuumennuskäsittelyillä. Sen sijaan kypsentämättä tarjoiltavien kasvien riskinhallintakeinot ovat rajalliset. Työn edetessä kävi ilmi, että erityisesti kasvien tuotantoketjuun, mukaan lukien luomutuotanto, tarvittaisiin tutkimusta, joka mahdollistaisi riskinarvioinnin tekemisen tuotantotapojen vaikutuksesta tuotteen turvallisuuteen.

Ihmisten tartuntojen seurannan ja jäljitettävyyden parantamiseksi tulisi aloittaa vuosit-

tainen ihmisistä eristettyjen *Y. enterocolitica* -kantojen keräys (esim. otosperiaatteella) ja niiden täsmällinen bio-/serotyypitys ja virulenssitestaus. Menettely parantaisi tartuntatautirekisterin tietojen laatua. Kannoille tulisi myös kehittää nykyistä parempi molekyylogeneettinen tyypitysmenetelmä, joka auttaisi niiden lähteiden ja tartuntareittien löytämistä ja siten tartuntojen torjuntaa. *Y. pseudotuberculosis* -kannat tulisi liittää tartuntatautirekisterin kantakokoelmaan, jol-

loin klinisen mikrobiologian laboratoriot lähettäisivät kannat THL:een tarkempia tutkimuksia varten. Kaikki kannat tulisi tyypittää serotyypityksellä ja molekyylogeneettisillä menetelmillä. Näin saataisiin tietoa yksittäisten, ei-epideemisten potilaskantojen ominaisuuksista. Epidemiatilanteissa tiedot auttaisivat arvioimaan epideemisen kannan merkitystä ja suhteuttamaan sen osuutta ei-epideemisten kantojen "taustapopulaatiossa".

10 Viitteet

Aalto T, Hakkinen M, Hallikainen A, Hatakka M, Johansson T, Kostamo P, Kuronen H, Lahti E, Lumme M, Nupponen M, Pirhonen T, Törmä-Oksanen R. 2006. Mikrobiologisten tutkimusprojektien tuloksia 2003 ja 2004. EVI-EELA-julkaisuja 1/2006.
www.palvelu.fi/evi/files/55_519_438.pdf

Abadias M, Usall J, Anguera M, Solsona C, Viñas, I. 2008. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *International Journal of Food Microbiology* 123, 121-129.

Ackers ML, Schoenfeld S, Markman J, Smith MG, Nicholson MA, DeWitt W, Cameron DN, Griffin PM, Slutsker L. 2000. An outbreak of *Yersinia enterocolitica* O:8 infections associated with pasteurized milk. *The Journal of Infectious Diseases* 181, 1834-1837.

Adamkiewicz TV, Berkovitch M, Krishnan C, Polsinelli C, Kermack D, Olivieri NF. 1998. Infection Due to *Yersinia enterocolitica* in a Series of Patients with β -Thalassemia: Incidence and Predisposing Factors. *Clinical Infectious Diseases* 27, 1362-1366.

Alaskewicz S, Ortiz P, Laukkanen R, Korkeala H. 2006 . Eurooppalaisten sioista eristettyjen *Yersinia enterocolitica* -kantojen mikrobilääkeherkkyys. Eläinlääkäripäivät 2006, Suomen Eläinlääkäriliiton luentokokoukset 228-229. Fennovet Oy, ISSN 0781-6456.

Alban L, Vilstrup C, Steenberg B, Jensen HE, Aalbæk B, Thune-Stephensen F, Jensen S. Assessment of risk for humans associated with Supply Chain Meat Inspection – The Danish Way. www.fvst.dk

Aleksic' S, Bockemühl J, Wuthe HH. 1995. Epidemiology of *Y. pseudotuberculosis* in Germany, 1983-1993. *Contributions to Microbiology & Immunology* 13, 55-58.

Andersen JK, Sørensen R, Glensbjerg M. 1991. Aspects of the epidemiology of *Yersinia enterocolitica*: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 13, 231-238.

Anon.1. 2004. A preliminary risk assessment of *Yersinia enterocolitica* in the food chain: some aspects related to human health in Norway. Norwegian Scientific Committee for Food Safety, Panel on Biological Hazards. Dok.nr 04/103.
www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=0&oid=-2&trg=_new_=-2:16101

- Anon.2. 2005. Kasvisten patogeeneit 2004-2005. Oulun seudun ympäristövirasto, raportti 7/2005.
- Anon.3. 2007. Salaattiprojekti 2006. Oulun seudun ympäristövirasto, raportti 4/2007.
- Anon.4. 2001. www.phac-aspc.gc.ca
- Anon.5. 2009. www.FDA.gov
- Anon.6. 2009. Suositus toimenpiteistä *Yersinia pseudotuberculosis* -bakteerin esiintymisen vähentämiseksi kotimaisessa porkkanassa. Evira, Dnro 4324/0405/2009. www.evira.fi
- Anon.7. 2009. Eviran ohje 10501/1 Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaatimukset, komission asetuksen (EY) No 2073/2005 soveltaminen. Ohje elintarvikealan toimijoille. www.evira.fi
- Anon.8. 2007. Laatutarhaohjeisto, versio 1/2007. www.kotimaisetkasvikset.fi
- Aschfalk A, Kemper N, Arnemo JM, Veiberg V, Rosef O, Neubauer H. 2008. Prevalence of *Yersinia* species in healthy free-ranging red deer (*Cervus elaphus*) in Norway. *Veterinary Record* 163, 27-28.
- Asplund K, Nurmi E, Hirn J, Hirvi T, Hill P. 1993. Survival of *Yersinia enterocolitica* in fermented sausages manufactured with different levels of nitrite and different starter cultures. *Journal of Food Protection* 56, 710-712.
- Asplund K, Tuovinen V, Veijalainen P, Hirn, J. 1990. The Prevalence of *Yersinia enterocolitica* O:3 in Finnish Pigs and Pork. *Acta Veterinaria Scandinavica* 31, 39-43.
- Babic'-Erceg A, Klišmanić Z, Erceg M, Tandara D, Smoljanović M. 2003. An outbreak of *Yersinia enterocolitica* O:3 infections on an oil tanker. *European Journal of Epidemiology* 18, 1159-1161.
- BAM 2007. Bacteriological Analytical Manual Online, Chapter 8. August 2007. U.S. Food and Drug Administration. www.fda.gov
- Bachmann HP, Spahr U. 1995. The Fate of Potentially Pathogenic Bacteria in Swiss Herd and Semihard Cheeses Made from Raw Milk. *Journal of Dairy Science* 78, 476-483.
- Barrett NJ. 1986. Communicable disease associated with milk and dairy products in England and Wales: 1983-1984. *Journal of Infection* 12, 265-272.
- Beuchat LR, Ryu JH. 1997. Produce Handling and Processing Practices. *Emerging Infectious Diseases* 3, 459-465.
- Bhaduri S, Wesley IV, Bush EJ. 2005. Prevalence of Pathogenic *Yersinia enterocolitica* Strains in Pigs in the United States. *Applied and Environmental Microbiology* 71, 7117-7121.
- Bielli M, Lauzi S, Pratelli A, Martini M, Dall'Ara P, Bonizzi L. 1999. *Pseudotuberculosis* in marmosets, tamarins and Goeldi's monkeys (*Callithrichidae/Callimiconidae*) housed at a European zoo. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 30, 532-536.

- Bissett ML, Powers C, Abbott SL, Janda JM. 1990. Epidemiologic Investigations of *Yersinia enterocolitica* and Related Species: Sources, Frequency, and Serogroup Distribution. *Journal of Clinical Microbiology* 28, 910-912.
- Black RE, Jackson RJ, Tsai T, Medvesky M, Shayegani M, Feeley JC, MacLeod KIE, Wakelee AM. 1978. Epidemic *Yersinia enterocolitica* infection due to contaminated chocolate milk. *The New England Journal of Medicine* 298, 76-79.
- Bogdanovich T, Carniel E, Fukushima H, Skurnik M. 2003. Use of O-Antigen Gene Cluster-Specific PCRs for the Identification and O-Genotyping of *Yersinia pseudotuberculosis* and *Yersinia pestis*. *Journal of Clinical Microbiology* 41, 5103-5112.
- Bolton DJ, Pearce RA, Sheridan JJ, Blair IS, McDowell DA, Harrington D. 2002. Washing and chilling as critical control points in pork slaughter hazard analysis and critical control point (HACCP) systems. *Journal of Applied Microbiology* 92, 893-902.
- Borch E, Nesbakken T, Christensen H. 1996. Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 30, 9-25.
- Boqvist S, Pettersson H, Svensson Å, Andersson Y. 2009. Sources of sporadic *Yersinia enterocolitica* infection in children in Sweden, 2004: a case-control study. *Epidemiology and Infection* 137, 897-905.
- Bottone EJ. 1997. *Yersinia enterocolitica*: The Charisma Continues. *Clinical Microbiology Reviews* 10, 257-276.
- Bottone EJ. 1999. *Yersinia enterocolitica*: overview and epidemiologic correlates. *Microbes and infection* 1, 323-333.
- Bowman AS, Glendening C, Wittum TE, Lejeune JT, Stich RW, Funk JA. 2007. Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in Different Phases of Production on Swine Farms. *Journal of Food Protection* 70, 11-16.
- Brackett RE. 1999. Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. *Postharvest Biology and Technology* 15, 305-311.
- Brandl M. 2008. The Ecology of Enteric Pathogens on Leafy Vegetables: Life away from Home. *Food Micro 2008, Aberdeen 1.-4.September 2008, Programme and Abstract Book* p. 87.
- Bryant J, Brereton JA, Gill CO. 2003. Implementation of a validated HACCP system for the control of microbiological contamination of pig carcasses at a small abattoir. *Canadian Veterinary Journal* 44, 51-55.
- Bucher M, Meyer C, Grötzbach B, Wacheck S, Stolle A, Fredriksson-Ahomaa M. 2008. Epidemiological Data on Pathogenic *Yersinia enterocolitica* in Southern Germany During 2000-2006. *Foodborne Pathogens and Disease* 5, 273-280.
- Burnens AP, Frey A, Nicolet J. 1996. Association between clinical presentation, biogroups and virulence attributes of *Yersinia enterocolitica* strains in human diarrhoeal disease. *Epidemiology and Infection* 116, 27-34.

Byrd-Bredbenner C, Maurer J, Wheatley V, Cottone E, Clancy M. 2007. Food safety hazards lurk in the kitchens of young adults. *Journal of Food Protection* 70, 991-996.

CAC 2007. Codex Alimentarius Commission Guidelines: CAC/GL 63-2007 Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk management (MRM)

Capita R, Alonso-Calleja C, Prieto M, García-Fernández MC, Moreno B. 2002. Incidence and pathogenicity of *Yersinia* spp. isolates from poultry in Spain. *Food Microbiology* 19, 295-301.

Corantin H, Quessy S, Gaucher ML, Lessard L, Leblanc D, Houde A. 2005. Effectiveness of steam pasteurization in controlling microbiological hazards of cull cow carcasses in a commercial plant. *Canadian Journal of Veterinary Research* 69, 200-207.

Davies AR, Capell C, Jehanno D, Nychas GJE, Kirby RM. 2001. Incidence of foodborne pathogens on European fish. *Food Control* 12, 67-71.

De Jong AEI, Verhoeff-Bakkenes L, Nauta MJ, de Jonge R. 2008. Cross-contamination in the kitchen: effect of hygiene measures. *Journal of Applied Microbiology* 105, 618-624.

De Roever, C. 1999. Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. *Food Control* 10, 117-143.

Desmasures N, Bazin F, Guéguen M. 1997. Microbiological composition of raw milk from selected farms in the Camembert region of Normandy. *Journal of Applied Microbiology* 83, 53-58.

Doyle MP and Erickson MC. 2008. Summer meeting 2007 – the problems with fresh produce: an overview. *Journal of Applied Microbiology* 105, 317-330.

Echeverry A, Schesser K, Adkins B. 2007. Murine Neonates are Highly Resistant to *Yersinia enterocolitica* following Orogastric Exposure. *Infection and Immunity* 75, 2234-2243.

EFSA 2006. The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents, Antimicrobial Resistance and Foodborne Outbreaks in the European Union in 2004. *The EFSA Journal* (2005), 310.

EFSA 2007a. Scientific Opinion of the Panel on BIOHAZ on a request from EFSA on monitoring and identification of human enteropathogenic *Yersinia* spp. *The EFSA Journal* (2007), 595, 1-30.

EFSA 2007b. The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents, Antimicrobial Resistance and Foodborne Outbreaks in the European Union in 2005. *The EFSA Journal* (2007), 94.

EFSA 2007c. The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents, Antimicrobial Resistance and Foodborne Outbreaks in the European Union in 2006. *The EFSA Journal* (2007), 130.

EFSA 2008. Scientific Opinion of the Panel on Biological Hazards on a request from EFSA on Overview of methods for source attribution for human illness from food borne microbiological hazards, The European Food Safety Authority (EFSA) Journal 764, 1-43.

EFSA 2009. The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses and Zoonotic Agents in the European Union in 2007. The EFSA Journal (2009), 223.

FAO, WHO 2006. Food safety risk analysis. A guide for national food safety authorities. ISBN 978-92-5-105604-2.

FAO, WHO 2008. Microbiological hazards in fresh fruits and vegetables. Meeting report on 19-20 Sep 2007. Microbiological Risk Assessment Series, Pre-publikation version. www.who.int

Falcão JP, Brocchi M, Proença-Módena JL, Acrani CO, Corrêa EF, Falcão DP. 2004. Virulence characteristics and epidemiology of *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia* other than *Y. pseudotuberculosis* and *Y. pestis* isolated from water and sewage. Journal of Applied Microbiology 96, 1230-1236.

FDA 2008. Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Fresh-cut Fruits and Vegetables. www.fda.gov

Fischer ARH, De Jong AEI, Van Asselt ED, De Jonge R, Frewer LJ, Nauta MJ. 2007. Food Safety in the Domestic Environment: An Interdisciplinary Investigation of Microbial Hazards During Food Preparation. Risk Analysis 27, 1065-1082.

Fransen NG, van den Elzen AMG, Urlings BAP, Bijker PGH. 1996. Pathogenic micro-organisms in slaughterhouse sludge - a survey. International Journal of Food Microbiology 33, 245-256.

Fredriksson-Ahomaa M, Björkroth J, Hielm S, Korkeala H. 2000a. Prevalence and characterization of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in pig tonsils from different slaughterhouses. Food Microbiology 17, 93-101.

Fredriksson-Ahomaa M, Gerhardt M, Stolle A. 2009. High bacterial contamination of pig tonsils at slaughter. Meat Science 83, 334-336.

Fredriksson-Ahomaa M, Hallanvuo S, Korte T, Siitonen A, Korkeala H. 2001a. Correspondence of genotypes of sporadic *Yersinia enterocolitica* bioserotype 4/O:3 strains from human and porcine sources. Epidemiology and Infection 127, 37-47.

Fredriksson-Ahomaa M, Hartmann B, Wacheck S, Stolle A. 2008. Evaluation of the ISO 10273 method for isolation of *Yersinia enterocolitica* 4/O:3 in food samples. Archiv für Lebensmittelhygiene 59, 99-102.

Fredriksson-Ahomaa M, Hielm S, Korkeala H. 1999. High prevalence of yadA-positive *Yersinia enterocolitica* in pig tongues and minced meat at the retail level in Finland. Journal of Food Protection 62, 123-127.

Fredriksson-Ahomaa M, Koch U, Klemm C, Bucher M, Hank C, Stolle A. 2004. Different genotypes of *Yersinia enterocolitica* 4/O:3 strains widely distributed in butcher shops in the Munich area. International Journal of Food Microbiology 95, 89-94.

Fredriksson-Ahomaa M, Korte T, Korkeala H. 2000b. Contamination of carcasses, offals, and the environment with yadA-positive *Yersinia enterocolitica* in a pig slaughterhouse. *Journal of Food Protection* 63, 31-35.

Fredriksson-Ahomaa M, Korte T, Korkeala H. 2001b. Transmission of *Yersinia enterocolitica* 4/O:3 to pets via contaminated pork. *Letters in Applied Microbiology* 32, 375-378.

Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H. 2003. Low Occurrence of Pathogenic *Yersinia enterocolitica* in Clinical, Food, and Environmental Samples: a Methodological Problem. *Clinical Microbiology Reviews* 16, 220-229.

Fredriksson-Ahomaa M, Stolle A, Siitonen A, Korkeala H. 2006. Sporadic human *Yersinia enterocolitica* infections caused by buoserotype 4/O:3 originate mainly from pigs. *Journal of Medical Microbiology* 55, 747-749.

Fredriksson-Ahomaa M, Stolle A, Stephan R. 2007. Prevalence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in pigs slaughtered at a Swiss abattoir. *International Journal of Food Microbiology* 119, 207-212.

Fukushima H, Gomyoda M. 1991. Intestinal Carriage of *Yersinia pseudotuberculosis* by Wild Birds and Mammals in Japan. *Applied and Environmental Microbiology* 57, 1152-1155.

Fukushima H, Gomyoda M, Ishikura S, Nishio T, Moriki S, Endo J, Kaneko S, Tsubokura M 1989. Cat-Contaminated Environmental Substances Lead to *Yersinia pseudotuberculosis* Infection in Children. *Journal of Clinical Microbiology* 27, 2706-2709.

Fukushima H, Gomyoda M, Shiozawa K, Kaneko S, Tsubokura M 1988. *Yersinia pseudotuberculosis* Infection Contracted through Water Contaminated by a Wild Animal. *Journal of Clinical Microbiology* 26, 584-585.

Fukushima H, Gomyoda M, Tsubokura M, Aleksi S. 1995. Isolation of *Yersinia pseudotuberculosis* from River Waters in Japan and Germany using Direct KOH and HeLa Cell Treatments. *Zentralblatt für Bakteriologie* 282, 40-49.

Fukushima H, Hoshina K, Itogawa H, Gomyoda M. 1997. Introduction into Japan of pathogenic *Yersinia* through imported pork, beef and fowl. *International Journal of Food Microbiology* 35, 205-212.

Fukushima H, Matsuda Y, Seki R, Tsubokura M, Takeda N, Shubin FN, Paik IK, Zheng XB. 2001. Geographical Heterogeneity between Far Eastern and Western Countries in Prevalence of the Virulence Plasmid, the Superantigen *Yersinia pseudotuberculosis*-Derived Mitogen, and the High-Pathogenicity Island among *Yersinia pseudotuberculosis* Strains. *Journal of Clinical Microbiology* 39, 3541-3547.

Gerbier G, Garin-Bastuji B, Pouillot R, Véry P, Cau C, Berr V, Dufour B, Moutou F. 1997. False positive serological reactions in bovine brucellosis: evidence of the role of *Yersinia enterocolitica* serotype O:9 in a field trial. *Veterinary Research* 28, 375-383.

Gilbert SE, Whyte R, Bayne G, Paulin SM, Lake RJ, van der Logt P. 2007. Survey of domestic food handling practices in New Zealand. *International Journal of Food Microbiology* 117, 306-311.

Gill CO, Jones T. 1997. Assessment of the hygienic characteristics of a process for dressing pasteurized pig carcasses. *Food Microbiology* 14, 81-91.

Gordeïko VA, Shustrova NM. 1990. *Yersinia* in plants. *Zh Microbiol Epidemiol Immunobiol.* 11, 16-18. Artikkelin venäjäksi, tiivistelmä englanniksi.

Grahek-Odgen D, Schimmer B, Cudjoe KS, Nygård K, Kapperud G. 2007. Outbreak of *Yersinia enterocolitica* Serogroup O:9 Infection and Processed Pork, Norway. *Emerging Infectious Diseases* 13, 754-756.

Guan TY, Holley RA. 2003. Pathogen Survival in Swine Manure Environments and Transmission of Human Enteric Illness – A Review. *Journal of Environmental Quality* 32, 383-392.

Hakkinen 2009. Patogeenisten yersinioiden esiintyminen porkkanassa harvinaista. *Kehittyvä Elintarvike* 3, 32.

Hallanvuo S. 2009. Foodborne *Yersinia*. Identification and Molecular Epidemiology of Isolates from Human Infections. Academic dissertation. ISBN 978-952-245-065-4.

Hallanvuo S, Nuorti P, Nakari UM, Siitonen A. 2003. Molecular epidemiology of the five recent outbreaks of *Yersinia pseudotuberculosis* in Finland. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 529, 309-312.

Hallanvuo S, Peltola J, Heiskanen T, Siitonen A. 2006. Simplified Phenotypic Scheme Evaluated by 16S rRNA Sequencing for Differentiation between *Yersinia enterocolitica* and *Y. enterocolitica*-Like species. *Journal of Clinical Microbiology* 44, 1077-1080.

Hamama A, Marrakchi A, el Othmani F. 1992. Occurrence of *Yersinia enterocolitica* in milk and dairy products in Morocco. *International Journal of Food Microbiology* 16, 69-77.

Hannu T, Mattila L, Nuorti JP, Ruutu P, Mikkola J, Siitonen A, Leirisalo-Repo M. 2003. Reactive arthritis after an outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis* serotype O:3 infection. *Annals of the Rheumatic Diseases* 62, 866-869.

Hatakka M, Johansson T, Kuusi M, Majjala R, Pakkala P, Siitonen A. 2004. Ruokamyrkytykset Suomessa vuonna 2003. *Elintarvikeviraston julkaisuja* 7/2004. ISBN 951-732-218-6.

Hokajärvi A-M, Pitkänen T, Torvinen E, Miettinen IT. Suolistoperäisten taudinaiheuttajamikrobien esiintyminen luonnonvesissä. Kirjallisuuskatsaus terveysriskeistä ja niiden suuruuteen vaikuttavista tekijöistä. *Kansanterveyslaitoksen julkaisuja* B 1/2008. ISBN 978-951-740-716-8.

Howard SL, Gaunt MW, Hinds J, Witney AA, Stabler R, Wren BW. 2006. Application of Comparative Phylogenomics To Study the Evolution of *Yersinia enterocolitica* and To Identify Genetic Differences Relating to Pathogenicity. *Journal of Bacteriology* 188, 3645-3653.

Hudson JA, Kong NJ, Cornelius AJ, Bigwood T, Thom K, Monson S. 2008. Detection, isolation and enumeration of *Yersinia enterocolitica* from raw pork. *International Journal of Food Microbiology* 123, 25-31.

Huovinen E, Kuusi M, Sihvonen L, Haukka K, Siitonen A. 2006. Yersiniainfektiot Suomessa 1995-2005. *Suomen Lääkärilehti* 61, 4813-4818.

Huovinen E, Sihvonen LM, Haukka K, Siitonen A, Kuusi M. 2008. Clinical features and possible sources of sporadic *Yersinia enterocolitica* infections in Finland. In 18th European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases. Barcelona, Spain: ESCMID.

Hänninen ML, Raevuori M. 1981. Occurrence of *Campylobacter fetus subsp. jejuni* and *Yersinia enterocolitica* in Domestic Animals and in Some Foods of Animal Origin in Finland. *Nordisk Veterinær Medicin* 33, 441-445.

Inoue M, Nakashima H, Ueba O, Ishida T, Date H, Kobashi S, Takagi K, Nishu T, Tsubokura T. 1984. Community Outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis*. *Microbiology and Immunology* 28, 883-891.

Iwata T, Une Y, Okatani AT, Kato Y, Nakadai A, Lee KI, Watanabe M, Taniguchi T, Elhelaly AE, Hirota Y, Hayashidani H. 2008. Virulence characteristics of *Yersinia pseudotuberculosis* isolated from breeding monkeys in Japan. *Veterinary Microbiology* 129, 404-409.

Jackson V, Blair IS, McDowell DA, Kennedy J, Bolton DJ. 2007. The incidence of significant foodborne pathogens in domestic refrigerators. *Food Control* 18, 346-351.

Jalava K, Hakkinen M, Valkonen M, Nakari UM, Palo T, Hallanvuo S, Ollgren J, Siitonen A, Nuorti JP. 2006. An Outbreak of Gastrointestinal Illness and Erythema Nodosum from Grated Carrots Contaminated with *Yersinia pseudotuberculosis*. *Journal of Infectious Diseases* 194, 1209-1216.

Jalava K, Hallanvuo S, Nakari UM, Ruutu P, Kela E, Heinäsmäki T, Siitonen A, Nuorti JP. 2004. Multiple Outbreaks of *Yersinia pseudotuberculosis* Infections in Finland. *Journal of Clinical Microbiology* 42, 2789-2791.

Jaros P, Cogger N, French N. 2008. A systematic review of the human disease evidence associated with the consumption of raw milk and raw milk cheeses. A report prepared for the New Zealand Food Safety Authority (NZFSA). www.nzfsa.govt.nz

Jay JM, Loessner MJ, Golden DA. 2005. *Modern Food Microbiology*, 7th edition. Springer, New York. ISBN 0-387-23180-3.

Jayarao BM, Henning DR. 2001. Prevalence of Foodborne Pathogens in Bulk Tank Milk. *Journal of Dairy Science* 84, 2157-2162.

Jayarao BM, Donaldson SC, Straley BA, Sawant AA, Hegde NV, Brown JL. 2006. A Survey of Foodborne Pathogens in Bulk Tank Milk and Raw Milk Consumption Among Farm Families in Pennsylvania. *Journal of Dairy Science* 89, 2451-2458.

Johannessen GS, Frøseth RB, Solemdal L, Jarp J, Wasteson Y, Rørvik LM. 2004. Influence of bovine manure as fertilizer on the bacteriological quality of organic Iceberg lettuce. *Journal of Applied Microbiology* 96, 787-794.

Johannessen GS, Loncarevis S, Kruse H. 2002. Bacteriological analysis of fresh produce in Norway. *International Journal of Food Microbiology* 77, 199-2004.

Kagli DM, Vancanneyt M, Vandamme P, Hill C, Cogan TM. 2007. Contamination of milk by enterococci and coliforms from bovine faeces. *Journal of Applied Microbiology* 103, 1393-1405.

Kangas S, Lyytikäinen T, Peltola J, Ranta J, Maijala R. 2007. Costs of two alternative *Salmonella* control policies in Finnish broiler production. *Acta Veterinaria Scandinavica* 49:35.

Kangas S, Takkinen J, Hakkinen M, Nakari UM, Johansson T, Henttonen H, Virtaluoto L, Siitonen A, Ollgren J, Kuusi M. 2008. *Yersinia pseudotuberculosis* O:1 Traced to Raw Carrots, Finland. *Emerging Infectious Diseases* 14, 1959-1961.

Kapperud G. *Yersinia enterocolitica* in food hygiene. 1991 *International Journal of Food Microbiology* 12, 53-66.

Kaneko K, Hayashidani H, Takahashi K, Shiraki Y, Limawongpranee S, Ogawa M. 1999. Bacteria Contamination in the Environment of Food Factories Processing ready-to-Eat Fresh Vegetables. *Journal of Food protection* 62, 800-804.

Karhula T, Outa P, Kankaanhuhta K, Simola I. 2004. Puutarhayritysten talous Suomessa. MTT:n selvityksiä 80. ISBN 951-729-930-3. www.mtt.fi

Kechagia N, Nicolaou C, Ioannidou V, Kourti E, Ioannidis A, Legakis NJ, Chatzipanagiotou S. 2007. Detection of chromosomal and plasmid-encoded virulence determinants in *Yersinia enterocolitica* and other *Yersinia* spp. isolated from food animals in Greece. *International Journal of Food Microbiology* 118, 326-331.

Khare SS, Kamat AS, Doctor TR, Nairb PM. 1996. Incidence of *Yersinia enterocolitica* and Related Species in Some Fish, Meat and Meat Products in India. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 72, 187-195.

Korte T, Fredriksson-Ahomaa M, Niskanen T, Korkeala H. 2004. Low prevalence of yadA-positive *Yersinia enterocolitica* in sows. *Foodborne Pathogens and Disease* 1, 45-52.

Kilpeläinen S, Latvala T, Kola J. 2004. Zoonoosien aiheuttamat kustannukset elintarvikeketjussa. Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos. Selvityksiä nro 21, Maatalouspolitiikka. ISBN 952-10-1643-4.

KTL 2004. Tartuntataudit Suomessa 2003. Kansanterveyslaitoksen julkaisu KTL B7/2004.

KTL 2005. Tartuntataudit Suomessa 1995-2004. Kansanterveyslaitoksen julkaisu KTL B12/2005. ISBN 951-740-519-7.

KTL 2007. Tartuntataudit Suomessa 2006. Kansanterveyslaitoksen julkaisu KTL B12/2007. ISBN 978-740-714-4.

KTL 2008. Tartuntataudit Suomessa 2007. Kansanterveyslaitoksen julkaisu KTL B10/2008. ISBN 951-740-809-7.

Lake R, Hudson A, Cressey P. 2004. Risk Profile: *Yersinia enterocolitica* in Pork. Report prepared as part of a New Zealand Food Safety Authority contract for scientific services. www.nzfsa.govt.nz

Laukkanen R, Hakkinen M, Lundén J, Fredriksson-Ahomaa M, Johansson T, Korkeala H. 2009a. Evaluation of isolation methods for pathogenic *Yersinia enterocolitica* from pig intestinal content. Journal of Applied Microbiology, DOI: 10.1111/j.1365-2672.2009.04494.x

Laukkanen R, Martínez PO, Siekkinen KM, Ranta J, Maijala R, Korkeala H. 2009b. Contamination of Carcasses with Human Pathogenic *Yersinia enterocolitica* 4/O:3 Originates from Pigs Infected on Farms. Foodborne Pathogens and Disease 6, DOI: 10.1089/fpd.2009.0265

Laukkanen R, Martínez PO, Siekkinen KM, Ranta J, Maijala R, Korkeala H. 2008. Transmission of *Yersinia pseudotuberculosis* in the Pork Production Chain from Farm to Slaughterhouse. Applied and Environmental Microbiology 74, 5444-5450.

Leclercq A, Martin L, Vergnes ML, Ounnoughene N, Laran JF, Giraud P, Carniel E. 2005. Fatal *Yersinia enterocolitica* biotype 4 serovar O:3 sepsis after red blood cell transfusion. Transfusion 45, 814-818.

Lee LA, Gerber AR, Lonsway DR, Smith JD, Carter GP, Puhf ND, Parrish CM, Sikes RK, Finton RJ, Tauxe RV. 1990. *Yersinia enterocolitica* O:3 infections in infants and children, associated with the household preparation of chitterlings. The New England Journal of Medicine 322, 984-987.

Leifert C, Ball K, Volakakis N, Cooper JM. 2008. Control of enteric pathogens in ready-to-eat vegetable crops in organic and 'low input' production systems: a HACCP-based approach. Journal of Applied Microbiology 105, 931-950.

Leirisalo-Repo M. 1987. *Yersinia* Arthritis. Contribution to Microbiology and Immunology 9, 145-154.

Liao CH. 2007. Inhibition of Foodborne Pathogens by Native Microflora Recovered from Fresh Peeled Baby Carrot and Propagated in Cultures. Journal of Food Science 72, 134-139.

Lindblad M. 2008. Mikroprofil Nötkreatur. Kartläggning av mikroorganismer på slaktkroppar. Livsmedelsverkets rapport 1/2008. www.nfa.se

Lindblad M, Lindmark H, Thisted Lambertz S, Lindqvist R. 2006. Microbiological Baseline Study of Broiler Chickens at Swedish Slaughterhouses. Journal of Food Protection 69, 2875-2882.

Lindblad M, Lindmark H, Thisted Lambertz S, Lindqvist R. 2007. Microbiological Baseline Study of Swine Carcasses at Swedish Slaughterhouses. Journal of Food Protection 70, 1790-1797.

Litvin VI, Shustrova NM, Gordeko VA, Pushkareva VI, Misurenko EN. 1991. An experimental study of *Yersinia* in plants. Zh Microbiol Epidemiol Immunobiol. 9, 5-7. Artikkelin venäjäksi, tiivistelmä englanniksi.

Logue CM, Sheridan JJ, Wauters G, McDowell DA, Blair IS. 1996. *Yersinia* spp. and numbers, with particular reference to *Y. enterocolitica* bio/serotypes, occurring on Irish meat and meat products, and the influence of alkali treatment on their isolation. International Journal of Food Microbiology 33, 257-274.

Lonvarevic S, Johannessen GS, Rørvik LM. 2005. Bacteriological quality of organically grown leaf lettuce in Norway. Letters in Applied Microbiology 41, 186-189.

Lund V. 1996. Evaluation of *E. coli* as an indicator for the presence of *Campylobacter jejuni* and *Yersinia enterocolitica* in chlorinated and untreated oligotrophic lake water. Water Research 30, 1528-1534.

Marklinder IM, Lindblad M, Eriksson LM, Finnson AM, Lindqvist R. 2004. Home storage temperatures and consumer handling of refrigerated foods in Sweden. Journal of Food Protection 67, 2570-2577.

Martínez PO, Fredriksson-Ahomaa M, Sokolova Y, Roasto M, Berzins A, Korkeala H. 2009. Prevalence of enteropathogenic *Yersinia* in Estonian, Latvian, and Russian (Leningrad region) pigs. Foodborne Pathogenic Diseases 6, 718-724.

Mataragas M, Skandamis PN, Drosinos EH. 2008. Risk profiles of pork and poultry meat and risk ratings of various pathogen/product combinations. International Journal of Food Microbiology 126, 1-12.

McCarthy M, Brennan M, Kelly AL, Ritson C, de Boer M, Thompson N. 2007. Who is at risk and what do they know? Segmenting a population on their food safety knowledge. Food Quality and Preference 18, 205-217.

McNally A, Cheasty T, Fearnley C, Dalziel RW, Paiba GA, Manning G, Newell DG. 2004. Comparison of the biotypes of *Yersinia enterocolitica* isolated from pigs, cattle and sheep at slaughter and from humans with yersiniosis in Great Britain during 1999-2000. Letters in Applied Microbiology 39, 103-108.

Minihan D, Whyte P, O'Mahony M, Collins JD. 2003. The Effect of Commercial Steam Pasteurization on the Levels of *Enterobacteriaceae* and *Escherichia coli* on Naturally Contaminated Beef Carcasses. Journal of Veterinary Medicine B 50, 352-356.

MMM 2006. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle elintarviketurvallisuudesta 12.10.2006. www.mmm.fi.

MMM 2004. Zoonosistrategia 2004-2008. MMM työryhmämuistio 2004:5. Helsinki 2004. ISBN 952-453-167-4.

MMM 2000. Zoonosit Suomessa 1995-1999. Maa- ja metsätalousministeriön eläinlääkintä- ja elintarvikeosaston julkaisu 8/2000. Yliopistopaino, Helsinki.

Mukherjee A, Speh D, Dyck E, Diez-Gonzales F. 2004. Preharvest evaluation of coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Escherichia coli* O157:H7 in organic and conventional produce grown by Minnesota farmers. *Journal of Food Protection* 67, 894-900.

Mukherjee A, Speh D, Jones AT, Buesing KM, Diez-Gonzales F. 2006. Longitudinal microbiological survey of fresh produce grown by farmers in the upper midwest. *Journal of Food Protection* 69, 1928-1936.

Mäki-Ikola O, Heeseman J, Toivanen A, Granfors K. 1997. High frequency of *Yersinia* antibodies in healthy populations in Finland and Germany. *Rheumatology International* 16, 227-229.

Nadjenski H, Vesselinova A, Golkocheva E, Garbom S, Wolf-Watz H. 2003. Experimental Infections with Wild and Mutant *Yersinia pseudotuberculosis* Strains in Rabbits. *Journal of Veterinary Medicine B*, 50, 280-288.

Nagano T, Kiyohara T, Suzuki K, Tsubokura M, Otsuki K. 1997. Identification of Pathogenic Strains within Serogroups of *Yersinia pseudotuberculosis* and the Presence of Non-Pathogenic Strains Isolated from Animals and the Environment. *The Journal of Veterinary Medicine Science* 59, 153-158.

Nesbakken T, Eckner K, Høidal HK, Røtterud OJ. 2003. Occurrence of *Yersinia enterocolitica* and *Campylobacter* spp. in slaughter pigs and consequences for meat inspection, slaughtering, and dressing procedures. *International Journal of Food Microbiology* 80, 231-240.

Nesbakken T, Iversen T, Eckner K, Lium B. 2006. Testing of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in pig herds based on the natural dynamic of infection. *International Journal of Food Microbiology* 116, 99-104.

Nesbakken T, Iversen T, Lium B. 2007. Pig Herds Free from Human Pathogenic *Yersinia enterocolitica*. *Emerging Infectious Diseases* 13, 1860-1864.

Nesbakken T, Kapperud G, Dommarsnes K, Skurnik M, Hornes E. 1991. Comparative Study of a DNA Hybridization Method and Two Isolation Procedures for Detection of *Yersinia enterocolitica* O:3 in Naturally Contaminated Pork Products. *Applied and Environmental Microbiology* 57, 389-394.

Nesbakken T, Skjerve E. 1996. Interruption of Microbial Cycles in Farm Animals from Farm to Table. *Meat Science* 43, S47-S57.

Nesbakken T, Nerbrink E, Røtterud OJ, Borch E. 1994. Reduction of *Yersinia enterocolitica* and *Listeria* spp. on pig carcasses by enclosure of the rectum during slaughter. *International Journal of Food Microbiology* 23, 197-208.

Neubauer H, Alekcic S, Hensel A, Finke EJ, Meyer H. 2000. *Yersinia enterocolitica* 16 S rRNA gene types belong to the same genomspecies but form three homology groups. *International Journal of Medical Microbiology* 290, 61-64.

Niemi VM, Rahkio M, Siitonen A. 1997. Elintarvike-erityistilanne -työryhmän muistio. Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämuistio 1997:7. ISBN 952-00-0304-5.

Niskanen T. 2007. *Yersinia enterocolitica* ja *Yersinia pseudotuberculosis* sekä apatogeenisten *Yersinia* -lajien esiintyminen kotimaisissa kasviksissa. Projektin tulokset. www.evira.fi

Niskanen T, Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H. 2002. *Yersinia pseudotuberculosis* with Limited Genetic Diversity Is a Common Finding in Tonsils of fattening Pigs. *Journal of Food Protection* 65, 540-545.

Niskanen T, Laukkanen R, Fredriksson-Ahomaa M, Korkeala H. 2008. Distribution of virF/lcrF-positive *Yersinia pseudotuberculosis* Serotype O:3 at Farm Level. *Zoonoses and Public Health* 55, 214-221.

Niskanen T, Laukkanen R, Murros A, Björkroth J, Skurnik M, Korkeala H, Fredriksson-Ahomaa M. 2009. Characterisation of non-pathogenic *Yersinia pseudotuberculosis* -like strains isolated from food and environmental samples. *International Journal of Food Microbiology* 129, 150-156.

Niskanen T, Waldenström J, Fredriksson-Ahomaa M, Olsen B, Korkeala H. 2003. virF-Positive *Yersinia pseudotuberculosis* and *Yersinia enterocolitica* Found in Migratory Birds in Sweden. *Applied and Environmental Microbiology* 69, 4670-4675.

Nissen H, Alvseike O, Bredholt S, Holck A, Nesbakken T. 2000. Comparison between the growth of *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in ground beef packed by three commercially used packaging techniques. *International Journal of Food Microbiology* 59, 211-220.

Nortjé GL, Vorster SM, Breebe RP, Steyn PL. 1999. Occurrence of *Bacillus cereus* and *Yersinia enterocolitica* in South African retail meats. *Food Microbiology* 16, 213-217.

Nowak B, v. Mueffling T, Caspari K, Hartung J. 2006. Validation of a method for the detection of virulent *Yersinia enterocolitica* and their distribution in slaughter pigs from conventional and alternative housing systems. *Veterinary Microbiology* 117, 219-228.

Nuorti JP, Niskanen T, Hallanvuori S, Mikkola J, Kela E, Hatakka M, Fredriksson-Ahomaa M, Lyytikäinen O, Siitonen A, Korkeala H, Ruutu P. 2004. A Widespread Outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis* O:3 Infection from Iceberg Lettuce. *Journal of Infectious Diseases* 189:766-774.

Oellerich M, Jacobi CA, Freund S, Niedung K, Bach A, Heesemann J, Trülsch K. 2007. *Yersinia enterocolitica* Infection of Mice Reveals Clonal Invasion and Abscess Formation. *Infection and Immunity* 75, 3802-3811.

Ostroff SM, Kapperud G, Hutwagner LC, Nesbakken T, Bean NH, Lassen J, Tauxe RW. 1994. Sources of sporadic *Yersinia enterocolitica* infections in Norway: a prospective case-control study. *Epidemiology and Infection* 112, 133-141.

Piironen S, Järvelä K. 2006. Kokemuksella ja tiedolla. Tutkimus kuluttajien ruoan valinnasta. Kuluttajatutkimuskeskuksen julkaisu 8:2006. ISBN 951-698-145-3. www.kuluttajatutkimuskeskus.fi

Pilon J, Higgins R, Quessy S. 2000. Epidemiological study of *Yersinia enterocolitica* in swine herds in Quebec. Canadian Veterinary Journal 41, 383-387.

ProMED-mail 2008. Yersiniosis – Russia: (Krasnoyarsk). Arkistonumero 20080718.2184.

ProMED-mail 2005a. Yersiniosis – Russia: (Far East). Arkistonumero 20050202.0359.

ProMED-mail 2005b. Yersiniosis – Russia: (Siberia). Arkistonumero 20050427.1169.

Pönkä A, Åberg R, Kalso S. 2007. Salaattien mikrobiologinen laatu Helsingissä kesällä 2006. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 1/2007.

Rahkio M, Korkeala H. 1996. Microbiological contamination of carcasses related to hygiene practice and facilities on slaughtering lines. Acta Veterinaria Scandinavica 37, 219-228.

Ranta J, Siekkinen KM, Nuotio L, Laukkanen R, Hellström S, Korkeala H, Majjala R. Causal Hidden Variable Model of Pathogenic Contamination From Pig to Pork. In press.

Rea MC, Cogan TM, Tobin S. 1992. Incidence of pathogenic bacteria in raw milk in Ireland. Journal of Applied Bacteriology 73, 331-336.

Revell PA, Miller VL. 2001. *Yersinia* virulence: more than a plasmid. FEMS Microbiology Letters 205, 159-164.

Rimhanen-Finne R, Niskanen T, Hallanvuori S, Makary P, Haukka K, Pajunen S, Siitonen A, Ristolainen R, Pöyry H, Ollgren J, Kuusi M. 2009. *Yersinia pseudotuberculosis* causing a large outbreak associated with carrots in Finland, 2006. Epidemiology and Infection 137, 342-347.

Robins-Browne R. 1997. *Yersinia enterocolitica*. Sivut 192-215 kirjassa: Food Microbiology. Fundamentals and Frontiers. Toim. Doyle M, Beuchat L, Montville T. ASM Press, Washington DC, USA.

Rostagno MH, Hurd HS, McKean JD, Ziemer CJ, Gailey JK, Leite RC. 2003. Preslaughter Holding Environment in Pork Plants Is Highly Contaminated with *Salmonella enterica*. Applied and Environmental Microbiology 69, 4489-4494.

Sakai T, Nakayama A, Hashida M, Yamamoto Y, Takebe H, Imai S. 2005. Outbreak of Food Poisoning by *Yersinia enterocolitica* Serotype O8 in Nara Prefecture: the First Case report in Japan. Japanese Journal of Infectious Diseases 58, 257-258.

Sanford SE. 1995. Outbreaks of yersiniosis caused by *Yersinia pseudotuberculosis* in farmed cervids. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation 7, 78-81.

Schaffter N, Parriaux A. 2002. Pathogenic-bacterial water contamination in mountainous catchments. Water Research 36, 131-139.

Schiemann DA. 1978. Association of *Yersinia enterocolitica* with the Manufacture of Cheese and Occurrence in Pasteurized Milk. Applied and Environmental Microbiology 36, 274-277.

Schmid H, Baumgartner A, Jemmi T, Buhl D, Dubuis O, Friedrich P, Lowsky B, Müller F, Zbinden R, Altpeter E. 2004. Risk factors for infections with enteropathogenic *Yersinia* spp. in Switzerland. 5th World Congress Foodborne Infections and Intoxications, Berlin 2004. Proceedings, Volume IV, 943-946.

Seimiya, YM, Sasaki, K, Satoh, C, Takahashi, M, Yaegashi, G, Iwane, H. 2005. Caprine Enteritis Associated with *Yersinia pseudotuberculosis* Infection. Journal of Veterinary Medicine Science 67, 887-890.

Selma M, Allende A, López-Gálvez F, Conesa MA, Gil MI. 2008. Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. Food Microbiology 25, 809-814.

Sengun IY, Karapinar M. 2005. Elimination of *Yersinia enterocolitica* on carrots (*Daucus carota* L) by using household sanitisers. Food Control 16, 845-850.

Shwimmer A, Freed M, Blum S, Khatib N, Weissblit L, Friedman S, Elad D. 2007. Mastitis Caused by *Yersinia pseudotuberculosis* in Israeli Dairy Cattle and Public Health Implications. Zoonoses and Public Health 54, 353-357.

Siekkinen KM, Nuotio L, Ranta J, Laukkanen R, Hellström S, Korkeala H, Maijala R. 2006. Assessing hygiene proficiency on organic and conventional pig farms regarding pork safety: A pilot study in Finland. Livestock Science 104, 193-202.

Sihvonen LM, Haukka K, Kuusi M, Virtanen MJ, Siitonen A. 2009a. *Yersinia enterocolitica* and *Y. enterocolitica*-like species in clinical stool specimens of humans: identification and prevalence of bio/serotypes in Finland. EJCMID 28, 757-765.

Siitonen A, Vaara, M. 2003: *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella* ja *Yersinia*. Teoksessa Mikrobiologia ja infektiosairaudet, kirja 1, toim. Huovinen P, Meri S, Peltola H, Vaara M, Vaheri A, Valtonen V. Kustannus Oy Duodecim.

Skjerve E, Lium B, Nielsen B, Nesbakken T. 1998. Control of *Yersinia enterocolitica* in pigs at herd level. International Journal of Food Microbiology 45, 195-203.

Smirnova, YY, Tebekin, AB, Tseneva, GY, Rybakova, NA, Rybakov, DA. 2005. Epidemiological Features of *Yersinia* Infection in a Territory with Developed Agricultural Production. www.epinorth.org. Julkaistu 23.11.2004, päivitetty 2.5.2005.

Sofos JN, Belk KE, Smith GC. 1999. Processes to Reduce Contamination with Pathogenic Microorganisms in Meat. www.ansci.colostate.edu/files/meat_science/processes.pdf

Solomon EB, Yaron S, Matthews KR. 2002. Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 from Contaminated Manure and Irrigation Water to Lettuce Plant Tissue and Its Subsequent Internalization. Applied and Environmental Microbiology 68, 397-400.

Soriano JM, Rico H, Moltó JC, Mañes J. 2001. Incidence of microbial flora in lettuce, meat and Spanish potato omelette from restaurants. Food Microbiology 18, 159-163.

STM 1997. Elintarvike-erityistilanne -työryhmän muistio. Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämuistioita 1997:7. ISBN 952-00-0304-5.

Tacket CO, Ballard J, Harris N, Allard J, Nolan C, Quan T, Cohen ML. 1985. An outbreak of *Yersinia enterocolitica* infections caused by contaminated tofu (soybean curd). American Journal of Epidemiology 121, 705-711.

Tauxe RV, Wauters G, Goossens V, Van Noyen R, Vandepitte J, Martin SM, De Mol P, Thiers G. 1987. *Yersinia enterocolitica* infections and pork: the missing link. The Lancet 16, 1129-1132.

Tauxe RV. 2002. Emerging foodborne pathogens. International Journal of Food Microbiology 78, 31-41.

Tennant SM, Grant TH, Robins-Browne RM. 2003. Pathogenicity of *Yersinia enterocolitica* biotype 1A. FEMS Immunology and Medical Microbiology 38, 127-137.

Tertti R, Granfors K, Lehtonen OP, Mertsola J, Mäkelä AL, Välimäki I, Hänninen P, Toivanen A. 1984. An Outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis* infection. The Journal of Infectious Diseases 149, 245-250.

Thisted Lambertz S. 2005. Development of a PCR-based method for detection of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in pork. Doctoral thesis. ISBN 91-576-6922-8.

Thisted Lambertz S. 2007a. Riskprofil – *Yersinia enterocolitica*. Livsmedelsverkets rapport nr 8/2007. ISSN 1104-7089.

Thisted Lambertz S, Granath K, Fredriksson-Anomaa M, Johansson KE, Danielsson-Tham ML. 2007b. Evaluation of a Combined Culture and PCR Method (NMKL-165A) for Detection of Presumptive Pathogenic *Yersinia enterocolitica* in Pork Products. Journal of Food Protection 70, 335-340.

Thisted Lambertz S, Nilsson C, Hallanvuo S, Lindblad M. 2008. Real-Time PCR Method for Detection of Pathogenic *Yersinia enterocolitica* in Food. Applied and Environmental Microbiology 74, 6060-6067.

Thompson JS, Gravel MJ. 1986. Family outbreak of gastroenteritis due to *Yersinia enterocolitica* serotype O:3 from well water. Canadian Journal of Microbiology 32, 700-701.

Toma S, Wauters G, McClure HM, Morris GK, Weissfeld AS. 1984. O13a, 13b, a new pathogenic serotype of *Yersinia enterocolitica*. Journal of Clinical Microbiology 20, 843-845.

Van Noyen R, Selderslaghs R, Bogaerts A, Verhaegen J, Wauters G. 1995. *Yersinia pseudotuberculosis* in Stool from Patients in a Regional Belgian Hospital. Contributions in Microbiology and Immunology 13, 19-24.

Vanhala P (toim.). 2006. Vihannesten kuluttajalaadun parantaminen – esimerkkinä porkkana. MTT:n selvityksiä 134. ISBN-13 978-952-487-079-5. www.mtt.fi

Vesikari T, Helminen M. 2007. Bakteriripulit. Teoksessa Lasten infektiosairaudet, toim. Ruuskanen O, Peltola H, Vesikari T. Gummerus 2007.

Weagant SD. 2008. A new chromogenic agar medium for detection of potentially virulent *Yersinia enterocolitica*. Journal of Microbiological Methods 72, 185-190.

Wesley IV, Bhaduri S, Bush E. 2008. Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in Market Weight Hogs in the United States. Journal of Food Protection 71, 1162-1168.

Vincent P, Leclercq A, Martin L, Duez JM, Simonet M, Carniel E. 2008. Sudden Onset of *Pseudotuberculosis* in Humans, France, 2004-05. Emerging Infectious Diseases 14, 1119-1122.

Virtanen SM. 2001. Kamylobakteerit elintarvikkeissa. Elintarvikepatogeenisten bakteerien riskinarviointi. Lämpötilan vaikutus *Campylobacter jejuni* -bakteerin säilymiseen ja tuhoutumiseen. HY, ELTDK, Elintarvike- ja ympäristöhygienian laitos. 66 s.

Virto R, Sanz D, Álvarez I, Condón, Raso J. 2005. Inactivation kinetics of *Yersinia enterocolitica* by citric and lactic acid at different temperatures. International Journal of Food Microbiology 103, 251-257.

Wollfs P, Norling P, Rådstöm P. 2005. Risk assessment of false-positive quantitative real-time PCR results in food, due to detection of DNA originating from dead cells. Journal of Microbiological Methods 60, 315-323.

Wuthe HH, Aleksic' S, Kwapil S. 1995. *Yersinia* in the European Brown Hare of Northern Germany. Contributions in Microbiology and Immunology 13, 51-54.

Ye Z, Koutchma T, Parisi B, Larkin J, Forney LJ. 2007. Ultraviolet Inactivation Kinetics of *Escherichia coli* and *Yersinia pseudotuberculosis* in Annular Reactors. Journal of Food Science 72, E271-E278.

Yoshino K, Abe J, Murata H, Takao T, Kohsaka T, Shimonishi Y, Takeda T. 1994. Purification and characterization of a novel superantigen produced by a clinical isolate of *Yersinia pseudotuberculosis*. FEBS Letters 356, 141-144.

Zhang G, Ma L, Beuchat LR, Erickson M, Phelan VH, Doyle MP. 2009. Evaluation of Treatments for Elimination of Foodborne Pathogens on the Surface of Leaves and Roots of Lettuce (*Lactuca saliva* L). Journal of Food Protection 72, 228-234.

Zhuang RY, Beuchat LR, Angulo FJ. 1995. Fate of *Salmonella montevideo* on and in Raw Tomatoes as Affected by Temperature and Treatment with Chlorine. Applied and Environmental Microbiology 61, 2127-2131.

11 Lainsäädäntö

Elintarvikelaki 13.1.2006/23.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 178/2002, annettu 28 päivänä tammikuuta 2002, elintarvikelainsäädäntöä koskevista yleisistä periaatteista ja vaatimuksista, Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen perustamisesta sekä elintarvikkeiden turvallisuuden liittyvistä menettelyistä.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 852/2004, annettu 29 päivänä huhtikuuta 2004, elintarvikehygieniasta.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 853/2004, annettu 29 päivänä huhtikuuta 2004, eläinperäisiä elintarvikkeita koskevista erityisistä hygieniasäännöistä.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 854/2004, annettu 29 päivänä huhtikuuta 2004, ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläinperäisten tuotteiden virallisen valvonnan järjestämisestä koskevista erityissäännöistä (muutettu tarkastusasetuksella N:o 882/2004).

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1333/2008, annettu 16 päivänä joulukuuta 2008, elintarvikelisiä aineista.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/99/EY, annettu 17 päivänä marraskuuta 2003, tiettyjen zoonoosien ja niiden aiheuttajien seurannasta, neuvoston päätöksen 90/424/ETY muuttamisesta ja neuvosto direktiivin 92/117/ETY kumoamisesta.

Kauppa- ja teollisuusministeriön asetus elintarvikkeen käsittelystä ionisoivalla säteilyllä 12.10.2000/852.

Komission asetus (EY) 2073/2005, annettu 15 päivänä marraskuuta 2005, elintarvikkeiden mikrobiologisista vaatimuksista, oikaistu 10.10.2006 (EN, FI) ja 14.10.2006 (EN), muutettu komission asetuksella (EY) 1441/2007, 7.12.2007.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus alkutuotannolle elintarviketurvallisuuden varmistamiseksi asetettavista vaatimuksista 16.2.2006/134.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus eläimistä saatavien elintarvikkeiden eläntarvikehygieniasta 5.9.2006/37.

Maa- ja metsätalousministeriön eläinlääkintä- ja elintarvikeosaston päätös vastustettavista eläintaudeista ja eläintautien ilmoittamisesta 28.11.1995/1346.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus elintarvikehuoneistossa työskentelevältä vaadittavasta elintarvikehygieenisestä osaamisesta ja osaamisen testaamisesta (hygieniosaamisasetus) 23.11.2001/1115.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus elintarvikkeiden tai talousveden välityksellä leviävien ruokamyrkytyspidemioiden selvittämisestä 7.3. 2007/251.

Tartuntatautiasetus 31.10.1986/786.

Terveydensuojelulaki 19.8.1994/763.

